





रसायनशास्त्रातील १०७ कथा

ले. व्लासव
द्मी. त्रीफनोव





मीर प्रकाशन मॉस्को

रसायनशास्त्रातील
१०७ कथा

Л. Власов, Д. Трифонов

Занимательно о химии



Издательство «Молодая гвардия»

ले. व्लासव दमी. त्रीफनोव

रसायनशास्त्रातील १०७ कथा



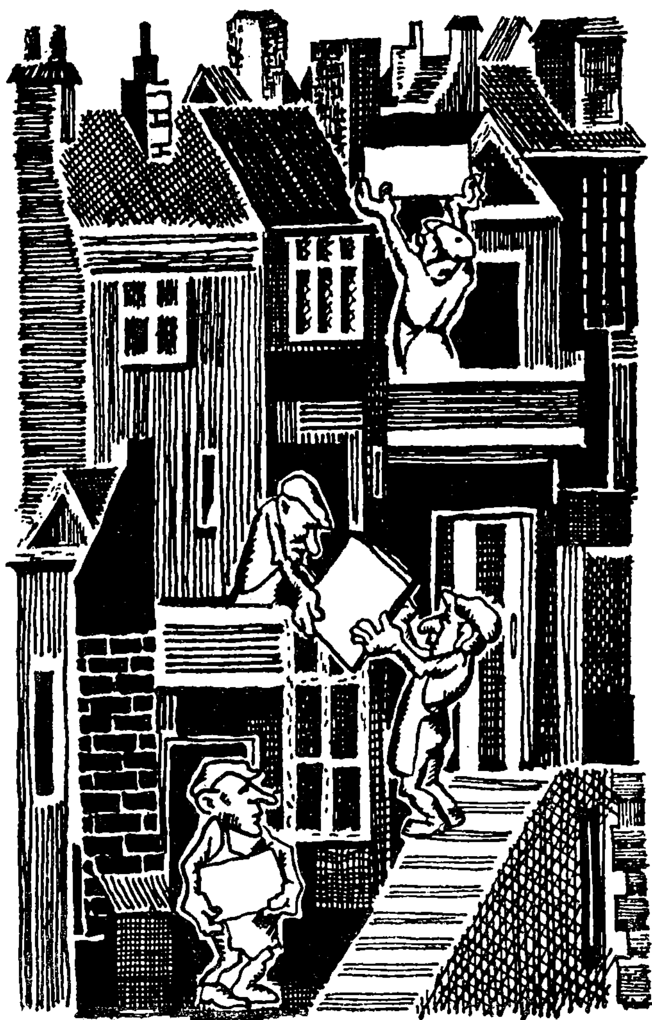
"मीर" प्रकाशन
मॉस्को

अनुवाद : राजेंद्र सहस्रबुद्धे

На языке маратхи

अनुक्रमणिका

विशाल घरातील रहिवासी



आवर्ती पद्धतीचे विहंगम दृश्य

कोणत्याही वस्तूकडे किंवा दृश्याकडे टाकलेला ओझरता दृष्टिक्षेप अथवा प्रथमदर्शनी होणारे मत यास विशेष महत्त्व नसते. कधी कधी निरीक्षक तटस्थ किंवा उदासीन बनतो तर कधी आश्चर्यचकीत होतो अथवा त्याला फारच आचंबा वाटतो. एका दंतकथेतील नायक, प्राणिसंग्रहालयातील जिराफ पाहून म्हणतो, "छे, छे, हा खरोखरीचा प्राणी नाही!" अगदी तसाच प्रकार घडतो.

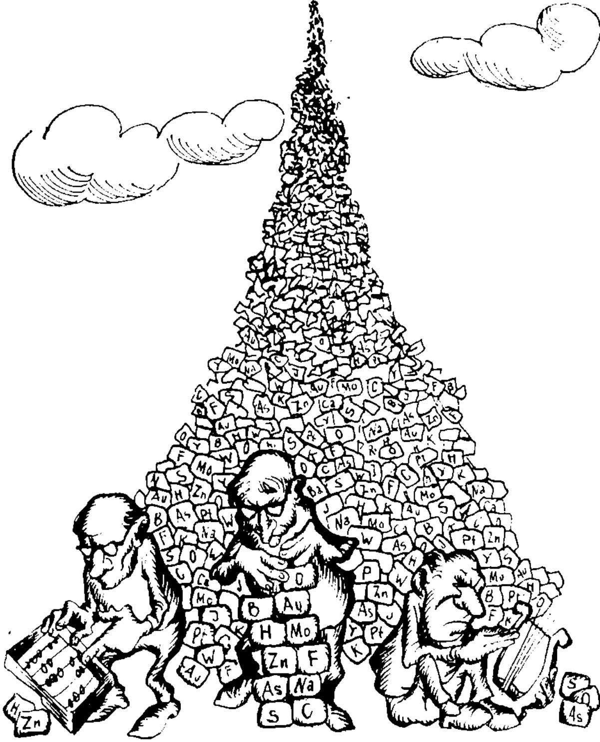
परंतु एखाद्या गोष्टीचा किंवा घटनेचा प्रथम परिचय घडतो किंवा विहंगम दृश्य रूचतेही व ते अधूनमधून उपयुक्त ठरणे शक्य असते.

पण मेंदेलेयेव यांच्या आवर्त सारणीकडे, केवळ योगायोग अथवा सहजगत्या घडलेली घटना या दृष्टिकोनातून पाहणे योग्य ठरणार नाही. त्यांचे हे कार्य एवढे सामान्य नाही. त्यांचा आवर्ती नियम जणू एक अत्यंत महत्त्वाचा असा निसर्ग-नियम परावर्तित करणारा आरसाच ठरतो. पृथ्वीवर आढळणारी शंभराहून जास्त मूलद्रव्ये तसेच मानवनिर्मित मूलद्रव्ये ज्या विशाल घरात राहतात तेथे प्रचलित असणारी वागणूकविषयक जणू नियमावलीच आहे.

या घरावर टाकलेला केवळ एकच दृष्टीक्षेप आपणाला बरेच काही सांगून जातो. प्रथमत: मन आश्चर्यचकीत होते. कारण, नेहमीच्या घरांगासून बनलेले ते एक मोठे विचित्र पण सौंदर्यपूर्ण रचनेचे विशाल घर ठरते व अगदी उठून दिसते.

मेंदेलेयेव यांच्या आवर्ती सारणीत आश्चर्य वाटण्याजोगे आहे तरी काय? पहिलीच वस्तुस्थिती ही की त्यातील आवर्ती काल (म्हणजेच मजले) मोठ्या

भिन्न रचनेचे आहेत. त्याचा पहिला मजला* (अथवा पहिले आवर्त) केवळ दोन खोल्यांचाच किंवा दोन कप्प्यांचाच आहे. दुसऱ्या व तिसऱ्या मजल्यावर प्रत्येकी आठ खोल्या आहेत. त्यानंतरच्या म्हणजे चौथ्या व पाचव्या मजल्यांवर



---

*मेंदेलेयेव यांच्या विशाल घरातील (आवर्ती पद्धतीतील) मजल्यांचा क्रम वरून खाली असा आहे, आपल्या नेहमीच्या घरांप्रमाणे खालून वर नाही. याचे कारण असे की नव्या मूलद्रव्यांसाठी जर एखादा जादा मजला चढवायचाच झाला तर तो या सारणीच्या खालच्या बाजूस जोडला जाईल.

एखाद्या हॉटेलप्रमाणे प्रत्येकी अठरा खोल्या असून त्यानंतरच्या खालच्या (सातव्या आणि आठव्या) मजल्यावर तर याहीपेक्षा अधिक म्हणजे प्रत्येकी बत्तीस खोल्या आहेत. अशी इमारत आपल्या पाहण्यात कधी आली आहे का? पण, आवर्ती पद्धती म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या या इमारतीची ही अशी रचना आहे खरी.

वास्तुशिल्पज्ञाचा लहरीपणा? मुळीच नाही. कुठलीही इमारत, भौतिकशास्त्राच्या नियमांनुसारच बांधली गेली पाहिजे; अन्यथा ती पडण्यास वाऱ्याची साधी झुळूकसुद्धा पुरेशी आहे!

आवर्ती पद्धतीचे जे वास्तुशिल्प आहे त्याचे भौतिक नियम काटेकोर असून या नियमांनुसार, मेंदेलेयेवच्या सारणीतील प्रत्येक आवर्तात ठराविक संख्येतच मूलद्रव्ये हवीत. उदाहरणार्थ, पहिल्या आवर्तात दोन मूलद्रव्ये आहेत; जास्त नाही की कमी नाहीत.

भौतिकशास्त्रज्ञ हा 'कायदा' ठासून सांगतात आणि रसायनशास्त्रज्ञही त्यांच्याशी पूर्णपणे सहमत आहेत.

परंतु ते नेहमीच सहमत असतात असे मात्र नाही. एक काळ असा होता की भौतिकशास्त्रज्ञ कोणताच आग्रह धरीत नव्हते, कारण आवर्ती नियम त्यांच्या आड येत नव्हता. पण नित्य नवी मूलद्रव्ये उजेडात आणणाऱ्या रसायनशास्त्रज्ञांची मात्र मोठी पंचाईत झाली या नवागताना कुठे जागा द्यावी? पुढे पुढे तर असे होऊ लागले की एकाच खोलीवर हक्क सांगणाऱ्यांची रांगच लागली आणि मग मात्र खरी डोकेदुखी सुरू झाली.

संशयखोर शास्त्रज्ञांची संख्या काही कमी नव्हती. त्यानी निर्विकारपणे जाहीर केले की मेंदेलेयेवचे कोष्टक ऊर्फ इमारत म्हणजे केवळ वाळूचा किल्ला आहे! किर्‌हॉफ् या आपल्या सहकाऱ्यासह वर्णपटदर्शकाच्या साहाय्याने पृथक्करण करण्याची पद्धती शोधणारा जर्मन शास्त्रज्ञ बुन्सेनही त्यांच्यापैकी एक.

आवर्ती नियमाचा प्रश्न आला तेव्हा याने स्पष्ट सांगून टाकले: "शेअर बाजाराच्या परिपत्रकातील भावांच्या आकड्यात नियमितपणा असावा असे

म्हणण्यासारखाच हा प्रकार आहे!" हे तो रागाच्या भरात जरी म्हणाला असला तरी त्यात एवढ्या विद्वान व्यक्तीची अदूरदृष्टीच प्रतिबिंबित होते.

त्यावेळी जी साठएक मूलद्रव्ये माहीत होती त्याना कोणत्याना कोणत्या तरी नियमानुसार स्थान देण्याचे प्रयत्न मेंदेलेयेवच्या आधीही झालेच होते. पण या ना त्या कारणांमुळे या कामी पूर्णपणे यश आले नव्हते. त्यातल्यात्यात न्यूलँड्स या इंग्रज शास्त्रज्ञाचा प्रयत्न पुष्कळसा वस्तुस्थितीनिदर्शक म्हणावा लागेल. त्याने "अष्टकांचा नियम" सुचविला. वाढत्या अणुभारांकांनुसार त्याने जेव्हा मूलद्रव्यांची रचना केली तेव्हा त्यास असे आढळून आले की संगीतात ज्याप्रमाणे प्रत्येक आठवा स्वर पहिल्या स्वराचीच पण वरच्या पातळीतील पुनरावृत्ती असते, त्याचप्रमाणे प्रत्येक आठव्या मूलद्रव्याचे गुणधर्म पहिल्या मूलद्रव्याशी मिळतेजुळते असतात.

न्यूलँड्सच्या नियमवरील प्रतिक्रिया मोठ्या विनोदी वाटण्याजोग्या होत्या. एकाने म्हटले, "तर मग वर्णानुक्रमाने ही मूलद्रव्ये का नाही लावत? त्यातही तुम्हाला काही ना काही नियमबद्धता सापडेलच की!"

अशा कुत्सीत टीकेस न्यूलँड्स काय उत्तर देणार? एकूण मेंदेलेयेवचे कोष्टक सुरुवातीस तरी टिंगलीचा विषय झाला होता. त्याच्या शिल्परचनेवर चौफेर हल्ला झाला. तसे होणे क्रमप्राप्तच होते कारण या रचनेत कितीतरी पळवाटा होत्या, संदिग्धता होती आणि अनेक त्रुटी होत्या. मूलद्रव्याना योग्य स्थान देण्यापेक्षा दहावीस नव्या मूलद्रव्यांचा शोध लावणे अधिक सोपे होते.

फक्त पहिल्या मजल्याबाबत काही वाद उद्भवण्याची शक्यता दिसत नव्हती. त्यावर हक्क सांगण्यात आणखी कुणी 'उपरे' येतील अशी परिस्थिती नव्हती. या पहिल्या मजल्यावर आज हायड्रोजन व हेलियम राहतात. हायड्रोजन अणूचा केंद्रकीय (अथवा न्यूक्लीयर) प्रभार + १ अणि हेलियमचा + २ असतो. उघडच आहे की या दोघांच्या मध्ये कोणतीही इतर मूलद्रव्ये नाहीत व नसणारच. निसर्गातील जे जे आंशिक ऊर्फ कण आणि केंद्रक आपणास ठाऊक आहेत त्यापैकी कुणाचाच भार अपूर्णांकात नाही.

(तथापि, अलीकडेच, काही तात्त्विक भौतिकशास्त्रज्ञ या ‘उपऱ्यां’च्या अस्तित्वाबद्दल मोठ्या हिरिरीने चर्चा करीत आहेत. अणुकेंद्रकांच्या प्रोटॉन व न्यूट्रॉन या भागांसह इतर सारे काही ज्यापासून तयार होते त्या आद्य मूलकणांना हे नाव देण्यात आले आहे. त्यांचा विद्युत्भार + १/३ व – १/३ असा अपूर्णांकी असतो. जर ते खरोखरीच अस्तित्वात असतील तर विश्वाची ‘द्रव्यरूप रचना’ काही वेगळ्याच स्वरूपाची असल्याची आढळेल.)

मूलद्रव्यांची खाण... आकाशातील !

“आवर्ती पद्धतीची सुरुवात अगदी काटेकोरपणे हायड्रोजननेच झाली पाहिजे असे मला कधीच वाटले नाही.”

आपल्या मते, हे उद्गार कोणाचे असावेत? आपल्या स्वतःपुरती तरी आवर्ती पद्धत सोयीस्कर असावी म्हणून ती नव्याने रचावयास निघालेल्या संशोधकांपैकी एखाद्याचे किंवा हौशी रसायनशास्त्रज्ञाचे असावेत, असेच आपणाला वाटते ना? अशा वेगवेगळ्या आवर्ती पद्धती प्रचारात आल्या आणि त्यांचे आपापसातील वैचित्र्य, अपकीर्ती पावलेल्या निरंतर गती-यंत्रांपेक्षा मुळीसुद्धा कमी नाही.

काही असो, वर दिलेले उद्गार इतर कोणाचेच नसून खुद्द या महान शास्त्रज्ञाचेच आहेत. त्यानेच लिहिलेल्या व त्या काळी हजारोजण वापरीत असलेल्या “रसायनशास्त्राची मूलतत्त्वे” या पुस्तकात ते आलेले आहेत.

आवर्ती नियमाच्या जनकाची अशी चुकीची समजूत का व्हावी?

त्या काळात अशी गैरसमजूत होण्यास भरपूर कारणे होती. त्यावेळी मूलद्रव्यांचे कोष्टक, त्यांच्या वाढत्या अणुभारांकानुसार रचले गेले होते. हायड्रोजनचा अणुभरांक १.००८ आणि हेलियमचा ४.००३ असल्यामुळे साहजिकच असा प्रश्न उभा राही की मग १.५; २; ३ असे अनुभारांक असणारी मूलद्रव्ये का नसावीत? किंबहुना, हायड्रोजनपेक्षा हलकी व अणुभारांक एकापेक्षा कमी असणारी मूलद्रव्ये अस्तित्वात असल्याचे का समजू नये?

मेंदेलेयेवसह इतर रसायनशास्त्रज्ञानाही हे अगदी शक्य आहे असेच वाटत होते. तसेच, रसायनशास्त्राशी फारच थोडा संबंध असणाऱ्या एका शास्त्राच्या प्रतिनिधींनी ऊर्फ खगोलशास्त्रज्ञानी प्रथमच दाखवून दिले की मूलद्रव्याचा शोध केवळ प्रयोगशाळांमधूनच किंवा खनिजांच्या पृथक्करणातूनच लागतो असे मुळीच नाही.

१८६८ च्या खग्रास सूर्यग्रहणाचा अभ्यास करताना इंग्लिश खगोलशास्त्रज्ञ लॉकियर व फ्रेंच खगोलशास्त्रज्ञ जानसेन यानी वर्णपटदर्शकाच्या. सहाय्याने सूर्यकिरीटाच्या प्रकाशाचे निरिक्षण केले: त्याना असे दिसून आले की वर्णपट-रेषांच्या जाळयातील काही रेषा भूतलावर आढळणाऱ्या कोणत्याही मूलद्रव्याशी जुळणाऱ्या नाहीत. अशा तऱ्हेने हेलियम या नव्या मूलद्रव्याचा शोध लागला. ग्रीक भाषेतील 'सूर्य' अशा अर्थी असणाऱ्या शब्दापासून हे नाव तयार झाले आहे. पुढे अवघ्या सत्तावीस वर्षांनी विल्यम क्रूक या इंग्लिश शास्त्रज्ञाने पृथ्वीवर आढळणाऱ्या हेलियमचा शोध लावला.

लॉकियर-जानसेन यांच्या शोधामुळे आकाशस्थ मूलद्रव्यांच्या शोधाची जणू साथच पसरली. खगोलशास्त्रज्ञानी आपले दूरदर्शक दूरवरच्या ताऱ्यांकडे आणि अभ्रिकांकडे वळविले. निरनिराळया मासिकांतून, वर्तमानपत्रांमधून त्यांचे मूलद्र-व्यविषयक 'शोध' प्रसिद्ध होऊ लागले. कोरोनिअम, नेब्युलिअम, आर्कोनिअम, प्रोटोफ्ल्यूओरिन अशी भपकेबाज नावे दिली गेली. पण या नावांव्यतिरिक्त इतर कोणतीच माहिती रसायनशास्त्रज्ञाना मिळाली नाही. परंतु हेलियमच्या शोधाचे सुखकारक उदाहरण त्यांच्या समोर होते. त्यामुळे घाईगर्दीने या नव्या मूलद्र-व्याना आवर्तसारणीत स्थानही दिले गेले. काहींना हायड्रोजनच्या आधी तर काहींना हायड्रोजन व हेलियमच्या मधोमध जागा देण्यात आली. त्यांची अशी खात्री होती की आज ना उद्या काही विल्यम कुक निर्माण होतील आणि गूढ वाटणारी कोरोनिअम, इत्यादी आकाशस्थ मूलद्रव्ये पृथ्वीवर अस्तित्वात असल्याचे सिद्ध केले जाईल.

तथापि, भौतिकशास्त्रज्ञानी पुढे आवर्त सारणीचा उहापोह करण्यास सुरुवात

केली आणि साऱ्याच आशा मावळल्या. अणुभारांकानुसार तयार होणाऱ्या आवर्ती नियमाचा पायाच डळमळीत ठरला. त्याऐवजी, केंद्रीकीय भार अथवा अणुअंक यांचाच वापर करणे अधिक तर्कशुद्ध व उचित आहे असे भौतिकशास्त्रज्ञानी दाखवून दिले.

यानुसार तयार होणाऱ्या आवर्ती पद्धतीत, एका मूलद्रव्यानंतर येणाऱ्या मूलद्रव्याचा केंद्रकीय भार प्रत्येक वेळी एका एककाने वाढत जातो.

काळाच्या ओघात अधिक अचूक व प्रगत अशा खगोलशास्त्रीय उपकरणांच्या सहाय्याने गूढस्वरूपी अभ्रिकांचे सत्यस्वरूप कळून चुकले. फार पूर्वीपासून माहीत असणाऱ्या अणूंपासूनच ते बनले असल्याचे सिद्ध झाले. या अणूंचे काही इलेक्ट्रॉन कमी झाल्यामुळे त्यांचे वर्णपट वेगळ्या स्वरूपाचे आढळले. एकूण, या साऱ्या आकाशस्थ नवोगतांचे ओळखपत्र नकली ठरले तर!

हायड्रोजन – एक दुरंगी मूलद्रव्य

रसायनशास्त्रचा तास चालू असताना खालील प्रकारचे संभाषण कानावर पडणे अगदी शक्य आहे.

शिक्षक :

"आवर्ती पद्धतीच्या कोणत्या गटात हायड्रोजनचा अंतर्भाव केला जातो?"

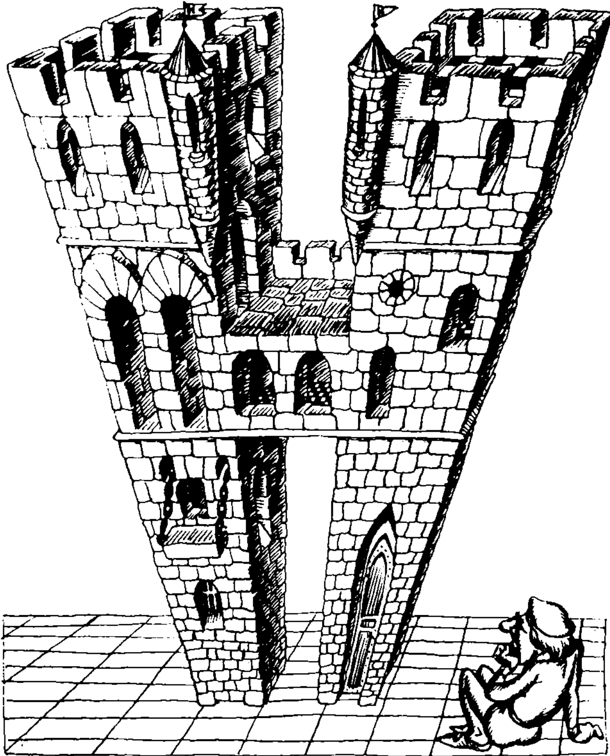
विद्यार्थी :

"पहिल्या गटात. याचे कारण असे की पहिल्या गटातील इतर मूलद्रव्यांप्रमाणेच म्हणजे लिथियम, सोडियम, पोटॅशियम, रूबिडियम, सेसियम आणि फ्रांसियम या अल्कधर्मी धातूंप्रमाणेच हायड्रोजनच्या एकुलत्या एका कक्षेत एकच इलेक्ट्रॉन आहे; वरील मूलद्रव्यांप्रमाणेच, रासायनिक संयुगात हायड्रोजनची धन संयुजा एक असते आणि अखेर, धातूंच्या क्षार धर्मी संयुगातील काही धातु वेगळे करून त्यांची जागा घेण्याची क्षमता हायड्रोजनमध्येच आढळते."

हे खरे आहे का? आहे, पण ते अर्धसत्य म्हटले पाहिजे.

रसायनशास्त्र हे एक काटेकोर स्वरूपाचे शास्त्र आहे. रसायनशास्त्रज्ञाना अर्धसत्ये मुळीच पसंत नसतात. हायड्रोजन हे या प्रवृत्तीचे अगदी चपखल उदाहरण म्हटले पाहिजे.

हायड्रोजन आणि अल्कधर्मी धातूंमध्ये कोणत्या बाबतीत साम्य आढळते? दोहोंची धन संयुजा एक आहे, आणि त्यांच्या इलेक्ट्रॉनयुक्त बाह्य कक्षेमध्ये समानता आहे, बस्स. इतर कोणत्याही बाबतीत मुळीसुद्धा साधर्म्य नाही.



हायड्रोजन हा एक वायुरूप पदार्थ असून अ-धातु आहे. त्यापासून द्विअणुयुक्त रेणू तयार होतो. पहिल्या गटातील ऊर्वरित मूलद्रव्ये म्हणजे अभिजात स्वरूपाचे धातु असून रासायनिक प्रक्रियांच्या संबंधात अतिशत क्रियाशील आहेत. आपल्या एका इलेक्ट्रॉनच्या जोरावर हायड्रोजन अल्कधर्मी धातूंसारखा पेहेराव करू पाहतो. खरे तर तो बकऱ्याचे कातडे पांघरलेला लांडगाच ठरतो.

या विशाल घराची अशी काही रचना आहे की सजातीय मूलद्रव्ये प्रत्येक मजल्यावर एकावर एक, प्रत्येक जिन्याच्या पोकळीच्या बाजूस रहावीत आणि त्यांचे गट आणि उपगट तयार व्हावेत. या घरातील साऱ्या रहीवाश्यांसाठी हा नियम आहे. पण पहिल्या गटात जाऊन हायड्रोजन या नियमाचे सरळसरळ उल्लंघन करतो.

पण गरीबबिचाऱ्या हायड्रोजनने जावे तरी कुठे? या विशाल घरात एकूण नऊ गट असून नऊ जिना-पोकळ्या आहेत. हायड्रोजनचा शेजारी – हेलियमला, आज शून्य क्रमांकाचा गट म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या गटातच जागा मिळाली आहे. इतर गटातील जागा रिकाम्या आहेत. पहिल्या मजल्याची पुनर्रचना किती प्रकारे करणे शक्य आहे व त्यायोगे हायड्रोजनला त्याची योग्य जागा कशी मिळवून देता येईल ते पाहू या.

बेरिलियम अग्रभागी असणाऱ्या क्षारधर्मी-मृत्तिका धातूंचा जो दुसऱ्या क्रमांकाचा गट आहे त्यात हायड्रोजनला जागा नाही का मिळणार? पण नाही. त्यांची व हायड्रोजनची मुळीसुद्धा जवळिक नाही. ३ रे, ४ थे व ५ वे गटसुद्धा हायड्रोजनशी काही कर्तव्य नसल्याचे सांगून हात वर करतात. ७ व्या गटाबाबत काय परिस्थिती आहे? थांबा. या गटातील फ्ल्यूओरीन, क्लोरिन, ब्रोमाईन इत्यादी हॅलोजनवर्गीय मूलद्रव्ये मैत्रीचा हात पुढे करण्यास तयार आहेत असे दिसते.

...दोन मुलांच्या भेटीगाठीत होणाऱ्या संवादाची कल्पना करा –

"तू किती वर्षांचा आहेस?"

"अमुक अमुक वर्षांचा."

"माझेही तेवढेच वय आहे."

"माझ्याजवळ छानशी सायकल आहे."

"माझ्याजवळसुद्धा!"

"तुझे वडील काय करतात?"

"ते ट्रक चालवितात."

"खरेच? माझेही वडील ट्रक चालवितात."

"तर मग आपण एकमेकांचे मित्रच म्हणावयाचे."

"नक्कीच."

"तू अधातू आहेस का?" फ्ल्यूओरीनने हायड्रोजनला विचारले.

"हो तर."

"आणि वायुरूपही?"

"अगदी बरोबर."

"आम्हीसुद्धा" फ्ल्युओरीनने क्लोरीनकडे दृष्टिक्षेप टाकीत म्हटले. तेवढ्यात हायड्रोजन म्हणाला,

"माझा रेणू दोन अणूंचा मिळून बनतो"

"छान. अगदी आमच्याप्रमाणेच," काहीशा आश्चर्याने फ्ल्यूओरीन उद्गारला.

"आणि तुझी संयुजा ऋण भार दाखविते ना? जादा इलेक्ट्रॉन स्वीकारते ना? तसे करण्यात आम्ही तर फारच उतावळे असतो."

"अर्थातच. माझ्या नावडत्या अल्कधर्मी धातूंपासूनच मी हायड्राईड संयुगे बनवितो, आणि त्यांच्यातील माझी संयुजा – १ असते."

"ठीक आहे तर. आता आमच्यातच मुक्काम करा, आपण मित्र बनू या."

अशा तऱ्हेने सातव्या गटात हायड्रोजन आपली जागा घेतो. पण फार दिवस उलटत नाहीत. या नव्या पाहुण्याची जरा दाट ओळख झाल्यावर एक हॅलोजन अपेक्षाभंगाचा सुस्कारा टाकून म्हणतो मित्रा, तुझ्या बाह्य कक्षेत जास्त

इलेक्ट्रॉन दिसत नाहीत, हो ना? त्या १ क्रमांकाच्या गटात राहणाऱ्यांप्रमाणे एक इलेक्ट्रॉन आहे ना? तू अल्कधर्मी धातूंकडे परत जावेस हेच उत्तम..."

केवढी अवघड स्थिती या हायड्रोजनची झाली आहे! खोल्या तर पुष्कळ आहेत पण हक्काची म्हणून त्यास एकसुद्धा मिळत नाही.

पण असे का? हायड्रोजनचे हे असे आश्चर्यकारक दुरंगी स्वरूप असण्याचे कारण काय? त्याच्या आशा चमत्कारिक वर्तणुकीचा कशाशी संबंध आहे?

एक गोष्ट लक्षात घ्या की कोणत्याही रासायनिक मूलद्रव्याचे खास गुणधर्म, ते जेव्हा दुसऱ्या एखाद्या मूलद्रव्याशी संयोग पावते तेव्हाच प्रकर्षाने ध्यानात येतात. त्यावेळी त्याच्या बाह्य कक्षेतील इलेक्ट्रॉन तो गमावितो तरी किंवा मिळवून याच कक्षेत ते प्रवेशतात. जेव्हा एखादे मूलद्रव्य आपल्या बाह्य कक्षेतील सारे इलेक्ट्रॉन गमावतो तेव्हा त्याच्या उर्वरित कक्षा बहुधा निर्वेध राहतात, त्यांच्यात बदल होत नाही. हायड्रोजन सोडून इतर साऱ्या मूलद्रव्यांबाबत ही परिस्थिती आढळते. हायड्रोजन जेव्हा त्याचा एकुलता एक इलेक्ट्रॉन गमावतो तेव्हा जे काही उरते ते म्हणजे त्याचा अणु-केंद्रक. उरतो फक्त प्रोटॉन, हायड्रोजनच्या अणुगर्भात जे सारे काही असते तेच. (वास्तविक, अणुगर्भात निव्वळ प्रोटॉनच असतो असे नाही पण या महत्त्वाच्या मुद्याकडे आपण नंतर वळणारच आहोत.) म्हणूनच हायड्रोजनचे रसायनशास्त्र हे त्याप्रकारचे एकुलते एक शास्त्र म्हणजेच, प्रोटॉन ऊर्फ मूलकणांचे रसायनशास्त्र ठरते. यामुळे, हायड्रोजनचा अंतर्भाव असणाऱ्या प्रक्रिया प्रोटॉनच्या प्रभावाखाली होतात.

हायड्रोजनच्या वागणुकीत विसंगती आढळते ती या कारणामुळे.

पहिला आणि तेवढाच आश्चर्यकारकही!

प्रसिद्ध भौतिकशास्त्रज्ञ हेन्री कॅव्हेंडिश याने हायड्रोजनचा शोध लावला. कॅव्हेंडिशचा एक समकालीन त्याच्याबद्दल म्हणतो: "कॅव्हेंडिश म्हणजे विद्वानातील अत्यंत संपन्न आणि अत्यधिक विद्वत्तापूर्ण व्यक्ती म्हटली पाहिजे." असे सांगतात की शिष्ठाचार, नियम पाळणे इत्यादी बाबतीत तो फार काटेकोरपणे

वागत असे. अगदी स्वतःच्या ग्रंथालयातून जरी पुस्तके घेतली तरी त्यांच्या नोंदपत्रकावर सही करण्यास तो कधीच विसरत नसे. संयमी, विचारशील वृत्तीचा, आणि स्वतःच्या विषयात व संशोधन कार्यात सतत मग्न राहणारा हा शास्त्रज्ञ खरा पण जनसमानसात त्याची प्रतिमा मात्र एककल्ली व विरक्त योग्याप्रमाणे झाली होती. तथापि, यामुळेच तो हायड्रोजनचा शोध लावू शकला. आपला कदाचित विश्वास बसणार नाही पण ते काम अजिबात सोपे नव्हते.

हा शोध त्याने १७६६ मध्ये लावला आणि १७८३ मध्ये फ्रान्सच्या प्राध्यापक चार्लस यानी हायड्रोजन भरलेले पहिले वातायन आकाशात उडविले.

रसायनशास्त्रज्ञांच्या दृष्टीनेही हा शोध फारच महत्त्वाचा ठरला. त्यामुळे रासायनिक संयुगांपैकी महत्त्वाचा गट असलेल्या आम्ले व आम्लारी त्याचे सूक्ष्म ज्ञान होण्यास मोलाची मदत झाली. क्षार द्रावणातील धातु अवक्षेपित करण्याच्या कामी, तसेच धातूंच्या ऑक्साइडांचे क्षपण करण्यासाठी प्रयोगशाळेतील तो एक अत्यावश्यक अभिकारक ठरला. वर वर पाहता काहीशी विरोधाभास वाटणारी वस्तुस्थिती अशी की १७६६ मध्ये हा शोध न लागता पन्नासएक वर्षांनी पुढे गेला असता (तसे घडण्याची शक्यता नाकारता येत नाही) तर रसायनशास्त्राची वैचारिक आणि व्यावसायिक अशा दोन्ही क्षेत्रातील प्रगती दीर्घ काळापर्यंत खुंटली असती.

जेव्हा रसायनशास्त्रज्ञाना हायड्रोजनची सखोल माहिती झाली आणि महत्त्वपूर्ण उत्पादनार्थ व्यावसायिक लोक त्याचा उपयोग करू लागले तेव्हा या वायूकडे भौतिकशास्त्रज्ञांचे लक्ष वेधले गेले. त्यांनी या वायूबद्दल विविध माहितीची भर टाकून विज्ञान अनेक पटींनी समृद्ध केले. हे पटण्यासाठी पुरावेच हवेत का? एक वस्तुस्थिती ही की हेलियमचा अपवाद वगळता, कोणत्याही द्रव अथवा वायुरूप पदार्थाच्या तुलनेने हायड्रोजन सर्वात कमी म्हणजे शुन्याखाली २५९. १ से. तपमानास धनीभूत होतो. दुसरे असे की केवळ हायड्रोजनच्या अणूमुळेच डॅनिश भौतिक शास्त्रज्ञ नील्स बोर यास, अणु केंद्राभोवती इलेक्ट्रॉनची रचना कशी असेल याबाबत विचारप्रणालीची उभारणी करता आली. त्याशिवाय

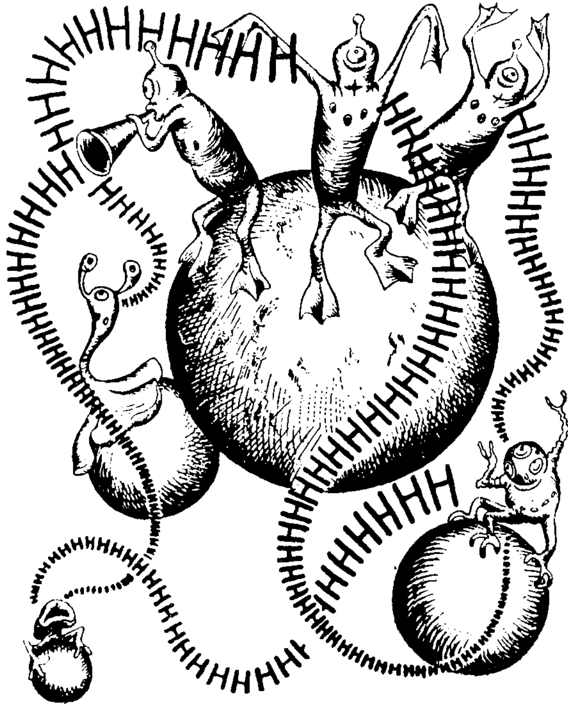
आवर्ती नियमाचा भौतिक मतितार्थ उमजणे शक्यच झाले नसते. या साऱ्यांमुळे इतर अत्यंत महत्त्वाच्या शोधांचा पाया घातला गेला.

भौतिकशास्त्रज्ञानी हायड्रोजनचे हे धष्टपुष्ट बाळ नंतर त्याचेच जवळचे नातेवाईक व ताऱ्यांची जडणघडण अभ्यासिणाऱ्या भौतिकी-खगोलशास्त्रज्ञांच्या हवाली केले. भौतिकी-खगोलशास्त्रज्ञानी सांगितले की विश्वातील क्रमांक एकचे मूलद्रव्य म्हणजे हायड्रोजन असून सूर्याचा, ताऱ्यांचा, अभ्रिकांचा तसेच आंतर-तारकेय जागेतील तो एक मुख्य घटक आहे. बाह्य अवकाशात, साऱ्या मूल-द्रव्यांच्या एकत्रित बेरजेपेक्षा अधिक प्रमाणात हायड्रोजन वायूच आढळतो. पृथ्वीवर मात्र त्याचे प्रमाण एक टक्क्यापेक्षाही कमी भरते.

सर्व रासायनिक मूलद्रव्ये, सर्व अणुप्रकार हायड्रोजनपासूनच तयार होतात. याला कोणताही अपवाद नाही. त्यामागे अणुकेंद्रकांच्या रूपांतरणाची जी लांबलचक साखळी असते तिचा प्रारंभ हायड्रोजनपासून होत असावा असा शास्त्रज्ञांचा विश्वास आहे. आपला सूर्य आणि इतर तारे तेजस्वी दिसतात त्याचे कारण म्हणजे त्यामध्ये सतत चालू असणारी औष्णिक अणुकेंद्रकीय प्रक्रिया असून या प्रक्रियेत हायड्रोजनचे हेलियममध्ये रूपांतरण होणे व त्याचवेळी फार मोठ्या प्रमाणात ऊर्जा निर्माण होणे चालू असते. हायड्रोजनचे पृथ्वीवरील "प्रमुख रसायनशास्त्रज्ञ", तर अवकाशातील "श्रेष्ठतम रसायनशास्त्रज्ञ" असे सार्थ वर्णन करता येईल.



हायड्रोजनचा आणखी एक वैशिष्टचपूर्ण गुणधर्म हा की त्याचा अणु २१ से. मी. तरंगलांबी असणारे प्रारण उत्सर्जित करतो. सर्व विश्वात ते समान असल्यामुळे या प्रारणास वैश्विक स्थिरांक असे म्हटले जाते. इतर ग्राहांवरील प्राणिमात्राशी संबंध जोडण्यासाठी या वैश्विक स्वरूपाच्या प्रारणाचाच आधार



घेतला असून या तरंगलांबीच्या रेडियो लहरी वापरून संबंध प्रस्थापित होतो काय हे पाहण्याचे खगोलशास्त्रज्ञांचे प्रयत्न चालू आहेत. परग्रहांवर बुद्धिमान जीवसृष्टी असेल तर या २१ सें. मी. प्रारणाचे ज्ञान त्याना जरूर असणार हे या प्रयत्नामागील प्रमुख गृहित आहे.

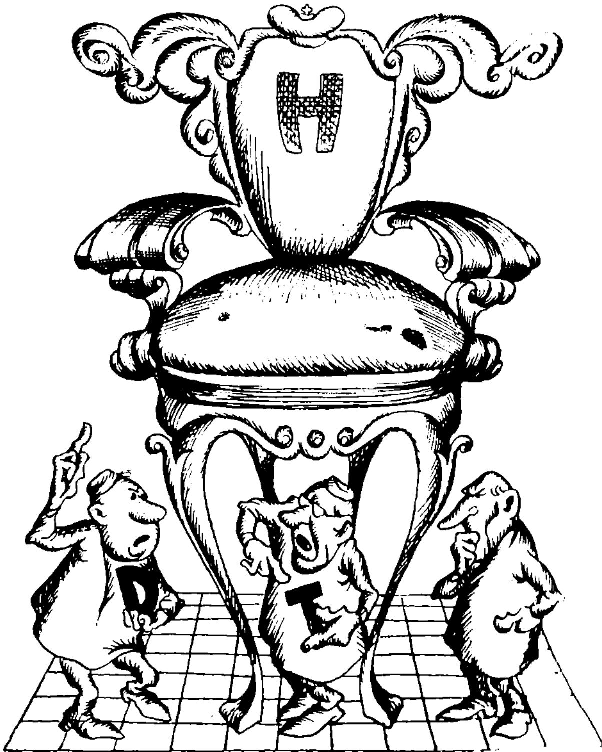
पृथ्वीवर हायड्रोजनचे किती प्रकार असावेत?

नोबेल पारितोषिक हे शास्त्रज्ञाना मिळणारे सर्वोच्च पारितोषिक समजले जाते. जगात शास्त्रज्ञ हजारोंच्या संख्येत आहेत पण आजपावेतो हे पारितोषिक

ज्या फारच थोडच्या शास्त्रज्ञाना मिळालेले आहे, ते त्यांना मौलिक अशा शोधांसाठीच.

१९३२ मध्ये मर्फी, युरे आणि ब्रिक्वेड या तीन शास्त्रज्ञांना नोबेल पारितोषिकाचा सन्मान प्राप्त झाला

पूर्वी अशी समजूत होती की या पृथ्वीवर २ हा अणुभारांक असणारा हायड्रोजनच उपलब्ध आहे. पण मर्फी व त्याच्या सहकाऱ्यांनी दुप्पट वजनाच्या



आणखी एका प्रकाराचा शोध लावला. हा प्रकार हायड्रोजन समस्थानिकाचा असून त्याचा अणुभारांक २ आहे. ज्या अणूंचा प्रभार एकसारखाच पण अणुभा-रांक वेगवेगळा, असे प्रकार समस्थानिक म्हणून ओळखले जातात. दुसऱ्या शब्दात असे म्हणता येईल की समस्थानिक अणूंच्या केंद्रकांमध्ये प्रोटॉनची संख्या समान असते, पण न्यूट्रॉनची संख्या मात्र कमीअधिक असते. सर्व रासायनिक मूलद्रव्यांचे समस्थानिक आढळतात व त्यापैकी काही निसर्गात अस्तित्वात आ-हेत. इतर केंद्रकीय प्रक्रियांमार्फत कृत्रिमरीत्या मिळविले जातात.

ज्या हायड्रोजन समस्थानकाचा केंद्रक केवळ प्रोटॉनच आहे त्यास प्रोटियम असे म्हटले जाते व त्यासाठी H^1 हे चिन्ह वापरले जाते. हा असा एक अणु-केंद्रक आहे की ज्यात न्यूट्रॉन अजिबात नाहीत. (हायड्रोजनचा आणखी एक अद्वितीय गुणधर्म!)

या एकुलत्या एक प्रोटॉनमध्ये एका न्यूट्रॉनची भर टाका आणि आपणास जड हायड्रोजन समस्थानिकाचा केंद्रक मिळेल. H^2 किंवा D असे त्याचे चिन्ह असून त्यास ड्यूटेरिअम म्हटले जाते. निसर्गात ड्यूटेरिअमपेक्षा प्रोटियम अत्यंत विपूल असून एकूण हायड्रोजनमधील ९९ प्रतिशत वाटा त्याचाच असतो.

हायड्रोजनचा आणखीही एक प्रकार असून त्याच्या केंद्रकात २ न्यूट्रॉन असतात. त्यास ट्रिटियम (H^3 किंवा T) म्हटले जाते. तो अस्तित्वात येतो तो काहिश्या जलद गतीने नाहीसे होण्यासाठीच! हा हायड्रोजनचा किरणोत्सारी समस्थानिक असून त्याचे हेलियम समस्थानकात (हेलियम-३) रूपांतर होते. ट्रिटियम हे फारच दुर्मिळ मूलद्रव्य आहे, एवढे दुर्मिळ की पृथ्वीच्या संपूर्ण वाता-वरणात केवळ सहा ग्रॅमच ते आढळते. दर १० घन सें. मी. हवेत ट्रिटियमचा एकच अणु असतो. अलीकडेच, हायड्रोजन समस्थानिकांचे जडतर असे H^4 व H^5 हे प्रकार कृत्रिमरीत्या मिळविण्यात आले; पण ते अतिशय अस्थायी स्वरूपाचे आहेत.

हायड्रोजनचे समस्थानिक प्रकार आहेत यामुळे काही त्याचे वेगळेपण इतर मूलद्रव्यांमध्ये सिद्ध होत नाही. वेगळेपणाचे नेमके कारण हे की हायड्रोजन

समस्थानिक गुणधर्मांच्या दृष्टीने फार भिन्न असून त्याचे प्रामुख्याने भौतिक गुणधर्म विशेष वेगळे आहेत. इतर मूलद्रव्यांचे समस्थानिक जवळजवळ भेदरहीत आहेत.

हायड्रोजनच्या प्रत्येक प्रकाराचे स्वतंत्र 'व्यक्तिमत्व' असून ते रासायनिक प्रक्रियात भिन्नपणे सहभागी होतात. उदाहरणार्थ, ड्यूटेरिअमपेक्षा प्रोटियम अधिक सक्रीय असतो. हायड्रोजन समस्थानिकांच्या सखोल अभ्यासातून शास्त्रज्ञानी 'समस्थानिकांचे रसायनशास्त्र' ही नवी शाखा निर्माण केली. आपणास जे रसायनशास्त्र माहीत आहे त्यामध्ये मूलद्रव्यांचा सरसकटपणे विचार होतो; अगदी त्यांच्या समस्थानिकांसह. समस्थानिक रसायनशास्त्रांमध्ये प्रत्येक समस्थानिकाचा स्वतंत्र विचार केला जातो. त्यामुळे रासायनिक प्रक्रियात अंतर्भूत असणारे, अत्यंत गुंतागुंतीचे व जटिल स्वरूपाचे बारकावे जाणून घेण्यात संशोधकाना फारच मदत होते.

रसायनशास्त्र = भौतिकशास्त्र + गणित !

एखाद्या कंत्राटदाराने घर पूर्ण बांधून वर छप्परही टाकले आणि मग शिल्पज्ञास सांगितले की सारे काही ठीकठाक आहे की नाही याचे गणित मांडा. अशा कंत्राटदाराबद्दल आपणास काय वाटेल?

हे काहीसे अवांतर कथानकाप्रमाणे वाटते जरूर.

तरीसुद्धा, मूलद्रव्यांची जी आवर्ती पद्धती आहे तीबाबत नेमके हेच घडले. प्रथमत: हे विशाल घर बांधले गेले आणि ज्याच्या त्याच्या जागेत मूलद्रव्याना ठेवले गेले. मेंदेलेयेवच्या या कोष्टकाचा रसायनशास्त्रज्ञाना एखाद्या हत्यारासारखा उपयोग होऊ लागला. पण मूलद्रव्यांचे गुणधर्म नियतकालिकपणे व वारंवार का आढळावेत हे काही त्याना दीर्घकाळ सांगता आले नाही.

भौतिकशास्त्रज्ञानी मात्र हे कोडे यशस्वीरीत्या सोडवून अगदी चपखल स्पष्टीकरण दिले. त्यानी या विशाल घराची ऊर्फ आवर्ती पद्धतीची शास्त्रशुद्ध

तपासणी केली आणि तिचे निष्कर्ष मोठे उल्लेखनीय ठरले. ही इमारत अगदी पद्धतशीरपणे उभारली गेली असून 'रासायनिक यामिकी'च्या नियमांवरच आधारलेली आहे असे दाखवून दिले. हे सारे पाहता मेंदेलेयेवच्या अचूक अंतः-स्फूर्तीबावत आणि रसायनशास्त्राच्या सखोल ज्ञानाबाबत मन आदराने भरून गेल्यास त्यात नवल ते कसले?

अणूच्या संरचनेच्या काटेकोर अभ्यासाने भौतिकशास्त्रज्ञानी आपली तपासणी सुरू केली.

कोणत्याही अणूचे हृदय म्हणजे त्याचा केंद्रक होय. त्याच्याभोवती इलेक्ट्रॉन फिरत असतात आणि केंद्रकाच्या धन भाराच्या संख्या इतकीय इलेक्ट्रॉनची संख्या असते. हायड्रोजनमध्ये एक इलेक्ट्रॉन, पोटॅशियममध्ये बारा इलेक्ट्रॉन, युरेनिअममध्ये ९२... याप्रमाणे. ते कसे फिरतात? इतस्ततः की विद्युतदीपाभोवती पतंगादी कीटक कशाही घिरट्या घालतात त्याप्रमाणे? का विशिष्ट नियमबद्धतेने?

या प्रश्नाच्या उत्तरासाठी शास्त्रज्ञाना भौतिकशास्त्रातील आणि गणितशास्त्रातील अगदी नव्या विचारप्रणालींचा आणि नव्याने शोधल्या गेलेल्या पद्धतींचा आधार घ्यावा लागला, नव्हे शोधाव्या लागल्या. या प्रयत्नांच्या फलस्वरूप त्यांच्या हाती काय गवसले ते पहा: केंद्रकाभोवती इलेक्ट्रॉन निश्चित मार्गावरून फिरत असतात, ज्याप्रमाणे सूर्याभोवती ग्रह निश्चित मार्गांनी फिरतात, अगदी तसेच.

"प्रत्येक कक्षेत इलेक्ट्रॉनची संख्या किती? कितीही का निश्चित असणारी?" रसायनशास्त्रज्ञाची पुढची उत्सुकता.

"अगदी ठराविक संख्येने, कमी नाही की जास्त नाही," भौतिकशास्त्रज्ञ उत्तरतो. "इलेक्ट्रॉन-कक्षांमध्ये किती इलेक्ट्रॉन असावेत ते अगदी काटेकोरपणे ठरलेले असते. त्यात कधीच बदल आढळणार नाही."

ह्या ज्या इलेक्ट्रॉन-कक्षा असतात त्याना K, L, M, N, O, P आणि Q अशी भौतिकशास्त्रज्ञानी स्वतःची चिन्हे दिलेली आहेत. केंद्रकापासून कक्षा

किती दूर आहे ते ही अक्षरे दर्शवितात. K ही केंद्रकाच्या सर्वात जवळची कक्षा तर Q ही सर्वात दूरची.

नंतर गणितज्ञांच्या सहाय्याने, प्रत्येक कक्षेत किती इलेक्ट्रॉन असणार याचा शास्त्रशुद्ध आराखडा भौतिकशास्त्रज्ञांनी तयार केला.

K कक्षेत अथवा कवचात दोनच इलेक्ट्रॉन असणार, जास्त नाही. त्यापैकी एक इलेक्ट्रॉन हायड्रोजन अणूत आणि दुसरा हेलियमच्या अणूत असतो. म्हणूनच मेंदेलेयेवच्या सारणीतील पहिल्या आवर्तात फक्त दोनच मूलद्रव्ये आ-हेत. (कक्षेच्या इलेक्ट्रॉन-धारणक्षमतेनुसार एक किंवा जास्तीत जास्त दोन आणि दोनच इलेक्ट्रॉन असणार!)

L कक्षेची इलेक्ट्रॉन-धारणक्षमता आठ आहे. त्यापैकी पहिला इलेक्ट्रॉन लिथियमच्या अणूमध्ये आणि शेवटचा निऑन अणूमध्ये आढळतो. लिथियम ते निऑनपर्यंतच्या मूल द्रव्यानी मेंदेलेयेवच्या पद्धतीतील दुसरे आवर्त तयार होते.

यानंतरच्या कक्षांमध्ये इलेक्ट्रॉन कोणकोणत्या संख्येत असतील? M कक्षेत १८, N कक्षेत ३२, O कक्षेत ५०, P कक्षेत ७२... याप्रमाणे इलेक्ट्रॉन सामावले जातात.

कोणत्याही दोन मूलद्रव्यांची, त्यांच्या अगदी बाहेरील कक्षेत असणाऱ्या इलेक्ट्रॉन-संख्येनुसार मांडणी केली तर त्या मूलद्रव्यांचे गुणधर्म समान असल्याचे आढळून येईल. उदाहरणार्थ, लिथिअम आणि सोडियम यांच्या अगदी बाहेरील कक्षेत (Q कक्षेत) प्रत्येकी एक इलेक्ट्रॉन असतो. आवर्ती पद्धतीच्या एकाच गटात म्हणजे पहिल्या गटात त्यांचा अंतर्भाव का केला जातो हे आता स्पष्ट होईल. एक लक्षात घ्यान की गटातील मूलद्रव्याच्या अणूमध्ये ज्या संख्येत संयुजा-इलेक्ट्रॉन असतात (त्यांच्यामुळेच अणूंचे रासायनिक गुणधर्म निश्चित होतात) त्याच संख्येने गट-क्रमांक ओळखला जातो.

एकूण निष्कर्ष असा : एकसारख्या संरचनेतील बाह्य इलेक्ट्रॉन-कक्षा नियतका-लिकपणे पुनरावृत्त होताना दिसतात; आणि म्हणूनच मूलद्रव्यांचे गुणधर्मही नियतकालिकपणे पुनरावृत्त होतात.

थोडे आणखी गणित

प्रत्येक गोष्टीत तर्कशास्त्र अथवा युक्तिवाद असतो. ज्याचे काही कारण सांगता येणार नाही अशा आविष्काराचे स्वत:चे असे तर्कशास्त्र असतेच असते. ते सुरुवातीस जाणवत नाही खरे पण नंतर मात्र विसंगती लक्षात येऊ लागतात. कुठल्याही विचारप्रणालीत किंवा गूढताबाबत विसंगती आढळणे एकंदरीत त्रासदायकच. त्यांच्यामुळे विचारप्रणालीतील दोष उघड होतात किंवा सखोल फेरविचारास चालना मिळते. पुष्कळदा या चिंतनातून जे अनाकलनीय वाटते त्यात अधिक खोलवर जाण्यास मदत होते.

विसंगतीचे हे पहा एक उदाहरण. आवर्त सारणीच्या पहिल्या दोन आवर्तांबाबतच काय ती समानता दिसते. संबंधित मूलद्रव्याच्या बाह्य कक्षेत इलेक्ट्रॉनची जेवढी संख्या आहे तेवढीच मूलद्रव्ये या प्रत्येक आवर्तात आहेत. पहिल्या आवर्तातील मूलद्रव्यांच्या म्हणजे हायड्रोजन व हेलियमच्या अणूंमध्ये K कवच पूर्णांशाने भरले आहे. त्यामध्ये दोनपेक्षा जास्त इलेक्ट्रॉन असूच शकणार नाहीत, म्हणूनच पहिल्या आवर्तात फक्त दोनच मूलद्रव्ये आहेत. आठ इलेक्ट्रॉनची (अष्टक) कक्षा; दुसऱ्या आवर्तातील मूलद्रव्यांच्या अणूंमार्फत पूर्णपणे भरलेली असते व म्हणूनच या दुसऱ्या आवर्तात लिथिअम ते निऑन अशी मूलद्रव्ये आहेत.

पण या पुढे मात्र गुंतागुंतीस सुरुवात होते.

यापुढील आवर्तातील मूलद्रव्यांची संख्या मोजून पहा बरे. तिसऱ्या आवर्तंत आठ; चौथ्यामध्ये अटरा; तेवढीच पाचव्यातही; सहाव्यामध्ये बत्तीस; सातव्यामध्ये बत्तीसच असावयास पाहिजेत (पण अद्यापीही अपूर्णच आहे.) पण मग संबंधित कक्षांची काय परिस्थिती आहे? हे पहा ते वेगवेगळे आकडे: १८, ३२, ५० आणि ७२...

तर मग, भौतिकशास्त्रज्ञाना आवर्ती कोष्टकात मुळीसुद्धा दोष आढळला नाही हा जो आपण निष्कर्ष काढला त्यात घाईगर्दी तर झाली नाही ना? विशाल घराच्या प्रत्येक मजल्यावरील रहिवाशांची संबंधित इलेक्ट्रॉन-कक्षा निय-

मितपणे भरल्या गेल्या असत्या तर किती छान झाले असते, आणि प्रत्येक मजल्याची सुरुवात अल्कधर्मी धातूने होऊन शेवट जर अक्रियाशील वायूने झाला असता तर केवढे सोपे झाले असते. मग इलेक्ट्रॉन-कक्षेची जेवढी धारणा तेवढीच प्रत्येक मजल्याची ही धारणा झाली असती...

अरेरे, आपणावर 'जर तर'ची भाषा वापरण्याची पाळी यावी? पण प्रत्यक्षात जमाखर्च जुळत नाही त्याचे काय? तिसऱ्या म्हणजे M कवचात जेवढे इलेक्ट्रॉन आहेत त्यापेक्षा तिसऱ्या आवर्तात कमी मूलद्रव्ये आहेत. पुढेही तीच विसंगती आढळते.

फारच खेदकारक विसंगती आहे, नाही? पण या विसंगतीमध्येच आवर्ती पद्धतीचे नेमके मर्म सामावलेले आहे.

कसे ते आता पहा: तिसऱ्या आवर्ताचा शेवट जरी अर्गॉन या मूलद्रव्याने होत असला तरी त्याच्या अणूच्या तिसऱ्या कक्षेत – M कक्षेत – इलेक्ट्रॉन पूर्ण संख्येत नाहीत. कक्षा पूर्णांशाने भरण्यास अठरा इलेक्ट्रॉन हवेत, पण आहेत मात्र आठ. अर्गॉनपाठोपाठ पोटॅशियम येते व ते चौथ्या आवर्तातील पहिले म्हणजेच चौथ्या मजल्यावरील पहिला रहिवाशी आहे. पण त्याच्या अणूतील शेवटचा इलेक्ट्रॉन तिसऱ्या कक्षेत ठेवण्याऐवजी, तो चवथ्या म्हणजे N कक्षेत असणेच पोटॅशियमच्या अणूस श्रेयस्कर वाटते. हा काही निव्वळ अपघात नव्हे तर भौतिकशास्त्रज्ञानीच प्रस्थापित केलेली काटेकोर नियमबद्धता आहे. अणूच्या बाह्य कक्षेत आठापेक्षा जास्त इलेक्ट्रॉन नसावेत हाच साधासुधा नियम होय. आठ बाह्य इलेक्ट्रॉनचे एकीकरण फार स्थैर्यदायक असते.

पोटॅशियमच्या नजीकचा रहिवासी ऊर्फ कॅल्शियम यातही नूतन इलेक्ट्रॉनला, अगदी बाहेरच्या कक्षेत असणे 'अधिक फायदेशीर' वाटते; त्यामुळे, कॅल्शियमच्या अणूचा ऊर्जापुरवठा, इलेक्ट्रॉनच्या इतर कोणत्याही रचनेपेक्षा कमी ठरतो. पण कॅल्शियममागोमाग येणाऱ्या स्कॅंडिनिअममध्ये अणूची बाह्य कक्षा भरण्याची क्षमता संपुष्टात येते. त्याचा नवा इलेक्ट्रॉन, अपूर्ण अशा शेवटून दुसऱ्या, M कक्षेत 'बुडी' घेतो. आणि या कक्षेत दहा रिकाम्या जागा असल्या-

मुळे (आपणास माहीत झालेच आहे की M कवचाची अत्यधिक क्षमता १८ इलेक्ट्रॉनची असते) पुढील दहा मूलद्रव्यांचे अणू क्रमाक्रमाने आपापल्या M कक्षा भरतात अखेर, झिंक ऊर्फ जस्तामध्ये M कक्षांतील सर्व इलेक्ट्रॉन जागच्या जागी असतात. यानंतर N कक्षा इलेक्ट्रॉनचा स्वीकार करण्यास पुन्हा सुरुवात करते. त्यातील इलेक्ट्रॉनची एकूण संख्या जेव्हा आठ होते तेव्हा अक्रियाशील असा क्रिप्टॉन वायू हजर होतो. रूबिडियमच्या बाबतीत पूर्वीचीच पुनरावृत्ती होते: चौथी कक्षा पूर्ण होण्यापूर्वीच पाचवी अवतीर्ण होते.

अशा तऱ्हेने क्रमाक्रमाने इलेक्ट्रॉन-कक्षा भरण्याची पद्धत म्हणजे आवर्ती कोष्टकातील रहिवाशांचे (चौथ्या आवर्तापासून) वागणुकीचे मानच आहे. रासायनिक मूलद्रव्यांच्या या विशाल घरातील तो एक मूलभूत आणि काटेकोर नियम आहे.

म्हणूनच त्यामध्ये, मुख्य आणि दुय्यम असे उपगट ओळखले जातात. ज्या मूलद्रव्यांच्या अगदी बाहेरच्या इलेक्ट्रॉन-कक्षा भरल्या जातात त्यांचा मुख्य उपगट तयार होतो. ज्यांच्या आपल्या कक्षा पूर्ण केल्या जातात त्यांचा दुय्यम उपगट तयार होतो.

तथापि, चौथी म्हणजे N कक्षा एकाच टप्प्यात भरली जात नाही. ती पूर्ण होण्यासाठी विशाल घराचे तीन पूर्ण मजले व्यापले जातात. या कक्षेतील पहिला इलेक्ट्रॉन १९वा गाळा व्यापणाऱ्या पोटॅशियममध्ये अवतीर्ण होतो, पण त्याचाच ३२ वा इलेक्ट्रॉन, सहाव्या आवर्ताचा प्रतिनिधी असलेल्या ल्यूटेशिअम मध्ये अवतीर्ण होतो. त्याचा अणु-अंक ७१ आहे.

आता आपल्या ध्यानात आले असेल की विसंगतीस एक सोनेरी किनार आहे. तिचा उलगडा करण्याच्या प्रयत्नात आपल्याला आणि भौतिकशास्त्रज्ञाना आवर्ती पद्धतीच्या संरचनेत खोलवर डोकावण्याची संधी मिळाली.

अनपेक्षितपणे सत्याची जाणीव

हर्बर्ट वेल्स यांची "जगांमधले युद्ध" ही एक सुरेख वैज्ञानिक कादंबरी आपण वाचलीच असेल. त्यामध्ये मंगळवासी पृथ्वीवर हल्ला चढवितात.

आपणाला आठवत असेलच की अखेरचा हल्लेखोर ठार होऊन, पृथ्वी-वरील वातावरण पूर्ववत झाल्यावर, संकटातून सुटलेले शास्त्रज्ञ त्या हल्लेखोरांमागे जे काही उर्वरित साहित्य राहिले त्याचा शोध घेऊ लागले. त्या इतर साहित्या-बरोबरच, मंगळवासियांनी पृथ्वीवरचे जीवन नष्ट करण्यासाठी जे काळया रंगाचे चूर्ण वापरले ते काय असावे हे जाणून घेण्याचे मोठे औत्सुख्य त्यांच्या मनात होते.

अनेक अयशस्वी प्रयोगांनंतर आणि त्यात अधूनमधून निर्माण झालेल्या स्फोटाना तोंड दिल्यावर शास्त्रज्ञांच्या लक्षात आले की तो कुप्रसिद्ध पदार्थ म्हणजे अक्रियाशील अर्गॉन वायू आहे आणि पृथ्वीवर अद्यापीही माहीत न झालेल्या अशा एका पदार्थाचे ते संयुग आहे.

येथे एक वस्तुस्थिती ध्यानात घेतली पाहिजे की ज्यावेळी तो वैज्ञानिक कादंबरीकार आपल्या कादंबरीवरून अखेरचा हात फिरवित होता तेव्हाच शा-स्त्रज्ञांची पूर्ण खातरजमा झाली होती की कोणत्याही परिस्थितीत अर्गॉन वायू दुसऱ्या कोणत्याच पदार्थाशी संयोग पावत नाही. अनेकविध प्रायोगिक अनुभ-वातून हे सत्य त्याना उमगले होते.

अर्गॉनला अक्रियाशील वायू म्हटले होते. हेलियम, निऑन, क्रिप्टॉन, क्झेनॉन आणि रेडॉन ही रासायनिकदृष्टचा ‘सुस्त’ अशी जी मूलद्रव्ये आहेत त्यांच्याच गटात अर्गॉनचा सामावेश आहे.

आवर्ती पद्धतीमध्ये त्यांचा गट, शून्य क्रमांकाचा गट म्हणून ओळखला जातो कारण, या मूलद्रव्यांची संयुजा शून्य असते. अशा अक्रियाशील वायूंचे अणू इलेक्ट्रॉनची देवाणघेवाण मुळीच करत नाहीत.

इतर पदार्थांशी या वायूची प्रक्रिया व्हावी, त्यातून संयुगे तयार व्हावीत म्हणून रसायज्ञानी प्रयत्नांची शर्थ केली. ज्या तपमानास उष्णतारोधक धातु उकळू लागतील त्या तपमानापर्यंत हे वायू तापविले; ते घनरूप होईपर्यंत थंड केले; त्यांच्यामधून उच्चतम विद्युतप्रवाह खेळविला आणि अत्यंतिक प्रक्रिया-कारक अशा जहाल रसायनांशी त्यांचा संबंध घडवून आणला. पण व्यर्थ!

अशा परिस्थितीत इतर रासायनिक पदार्थ केव्हाच संयोग पावले असते पण हे अक्रियाशील वायू मात्र निष्क्रीय राहिले. जणू काही संशोधकास ते म्हणतात: "कशाला आपला वेळ फुकट घालविता? कोणत्याही प्रक्रियेत भाग घेण्याची आमची इच्छा नाही; आम्ही त्यापासून सर्वस्वी अलिप्त, सर्वस्वी वेगळे आहोत."

पृथ्वीवरील खनिजात हेलियमचा शोध लावणाऱ्या रॅम्से याना त्याबद्दल अभिमानच वाटावयास हवा. खरोखरीच अस्तित्वात असणाऱ्या एका नव्या रासायनिक मूलद्रव्याची भेटच जगास त्यानी दिली. होय, रासायनिक मूलद्रव्य! आवर्ती सारणीतील इतर रहिवाशांप्रमाणे हेलियमने वागावे, म्हणजेच हायड्रोजन, ऑक्सिजन किंवा सल्फर (गंधक) याबरोबर संयोग पावावे म्हणून रॅम्से अतिशय प्रयत्नशील असणे स्वाभाविक होते. त्यामुळे प्राध्यापकमंडळीना आपल्या व्याख्यानामधून हेलियमची ऑक्साईडे, क्षार इत्यादींबद्दल काही सांगता आले असते.

पण अक्रियाशील वायुगटातील या पहिल्या क्रमांकाच्या मूलद्रव्याने – हेलियमने – शास्त्रज्ञांच्या पदरी निराशाच टाकली. गत शतकाच्या अखेरीस रॅम्से आणि रॅले यानी निऑन व अर्गॉन आणि क्रिप्टॉन व झेनॉन यांचा शोध लावला. पुढे रेजॅनचा शोध लागून या सुस्त रसायनांची यादी समाप्त झाली. त्या प्रत्येकाचा स्वतंत्र असा अणुभारांकही आहे. पण परिस्थिती मात्र अशी आहे की 'मूलद्रव्य अर्गॉन' या संज्ञेस 'रासायनिक' हा उपसर्ग काही लावता येत नाही.

अखेर शास्त्रज्ञानी या उद्धट, आपल्या जगातच दंग राहणाऱ्या पांढरपेशांसाठी मेंदेलेयेवच्या कोष्टकात एका बाजून नवीनच जागा निर्माण केली व त्यांच्या गटास शून्य क्रमांकाचा गट असे नाव दिले. पुढे त्यानी क्रमिक पुस्तकांमध्ये सांगून टाकले की, कोणत्याही परिस्थितीत संयोगित न होणारा असा एक रासायनिक मूलद्रव्यांचा गट असतो.

शास्त्रज्ञांवर हा फारच दुःखद प्रसंग लोटला. त्यांच्या मनाविरुद्धच ते घडले. रसायनशास्त्रीय घडामोडींच्या वर्तुळातून सहा मूलद्रव्ये बाहेर पडली.

दिलासा न देणारे उत्तर

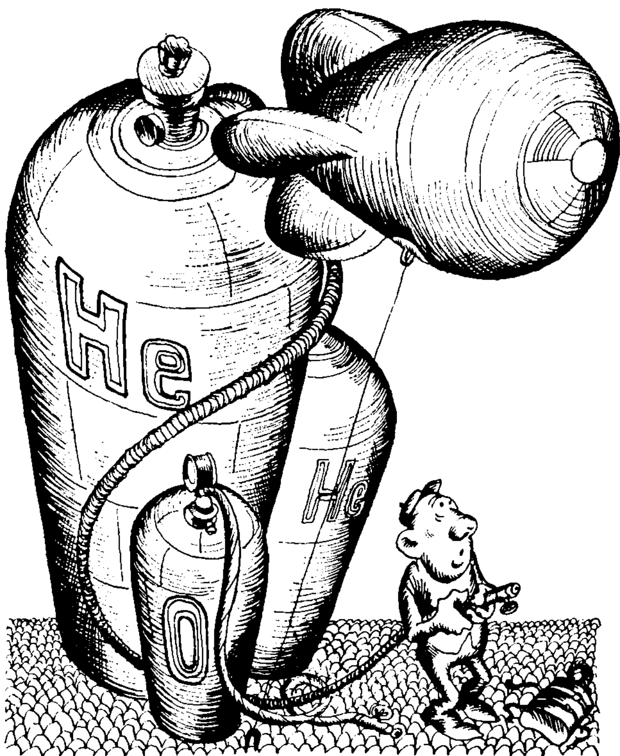
खुद्द मेंदेलेयेवही सुरुवातीस गोंधळून गेला. अर्‌गॉन हे मुळी नवे मूलद्रव्यच नाही असे बाजू सावरणारे विधान करण्यापर्यंत त्याची मजल गेली. ते नायट्रोजनचे एखादे संयुग असून त्याच्या रेणूत नायट्रोजनचे तीन अणु, N_3 असावेत. O_3 हा ओझॉनचा रेणू, ऑक्सिजनच्या O_2 या रेणूबरोबरच आढळतो, तसाच वरील प्रकार.

पण अखेर मेंदेलेयेवला वस्तुस्थितीची पूर्ण जाणीव होऊन स्वतःची चूक उमगली आणि रॅम्सेच बरोबर आहे हे त्याने मान्य केले. जगातील साऱ्या क्रमिक पुस्तकांमधून, या अक्रियाशील, पांढरपेशा वायूंचा संशोधक म्हणून या इंग्रज शास्त्रज्ञास श्रेय दिले गेले व त्याबद्दल कुणीच शंका घेतली नाही.

...निकोलाय मरोजव हा 'नारोदनाया वोल्या' ('जनतेची इच्छाशक्ती') या गटाचा सभासद स्कुसेलबर्गच्या किल्ल्यातील कोठडीत वीस वर्षे खितपत पडला होता. सोविएत सत्ता प्रस्थापित झाल्यावर त्याला जागतिक कीर्तीचा शास्त्रज्ञ म्हणून प्रसिद्धी मिळाली. तुरुंगांच्या अभेद्य भिंती त्याच्या शास्त्रीय कार्याच्या आड येऊ शकल्या नाहीत. त्याच्या सातत्यपूर्वक आणि चिकाटीच्या अभ्यासातून अनेक नव्या कल्पना आणि विचारप्रणाली अस्तित्वात आल्या. तुरुंगात असतानाच मरोजवने आवर्ती पद्धतीचा सर्वांगिण अभ्यास पुरा केला. या अभ्यासातून त्याने, रासायनिकदृष्ट्या अक्रियाशील असणाऱ्या मूलद्रव्यांचे अस्तित्व सूचित केले. मरोजव जेव्हा तुरुंगातून सुटला तेव्हा अक्रियाशील वायूंचा शोध लागलेला होता व त्याना मूलद्रव्यांच्या कोष्टकात स्थानही मिळाले होते.

असे सांगतात की मरोजव मेंदेलेयेवला, त्याच्या मृत्यूच्या काही काळ अगोदर भेटला होता व दोघानी मिळून आवर्ती नियमाबद्दल दीर्घकाळ चर्चा केली. दुर्दैवाने, त्यांच्या चर्चेचा कोणताच भाग उपलब्ध नाही.

या पांढरपेशा अक्रियाशील वायूंबद्दलचे गूढ उकलण्याच्या फार आधी मेंदेलेयेवचा मृत्यू झाला असे म्हणता येणार नाही. या वायूंचे रहस्य पुढीलप्रमाणे:



जे भौतिकशास्त्रज्ञ अधूनमधून रसायनशास्त्रज्ञांच्या मदतीस आले व आजही येतच आहेत, त्यानी असे प्रस्थापित केले की आठ इलेक्ट्रॉन असणारी बाह्य कक्षा अतिशय स्थैर्यदायक असते. इलेक्ट्रॉन-कक्षांच्या स्थैर्याचे ते आदर्श उदाहरणच म्हटले पाहिजे. म्हणूनच, इलेक्ट्रॉनची देवाणघेवाण करण्याचे त्यास कारणच पडत नाही.

हे पाहता अक्रियाशील व पांढरपेशा वर्गातील वायूना अशी शेलकी विशेषणे

लागण्याचे कारण हेच की त्यांच्या अगदी बाहेरील कक्षेत आठ इलेक्ट्रॉन (किंवा हेलियमच्या बाबतीत दोन इलेक्ट्रॉन) असतात. दोन इलेक्ट्रॉनयुक्त कक्षा असणारा हेलियम वायू, सुस्त वायूंचे जे अष्टक आहे त्यांच्या मानाने मुळीसुद्धा कमी स्थिर नाही.

आणखी एक वस्तुस्थिती रसायनशास्त्रज्ञाना सुस्पष्ट झाली. आवर्ती सारणीत शून्य क्रमांकाच्या गटाची जी वाढ केली गेली ती काही केवळ जुलूमजबरदस्तीने करण्यात आली नाही, तर त्यावाचून आवर्ती पद्धती एखाद्या अर्धवट बांधकामाप्रमाणे वाटली असती म्हणून. त्याच्या प्रत्येक आवर्ताचा शेवट अक्रियाशील वायूत होत असून त्यानंतर पुढची इलेक्ट्रॉन-कक्षा भरण्यास सुरुवात होते आणि याप्रमाणे विशाल घराचा पुढचा मजला उभारला जाण्यास सुरवात होते.

आपल्या ध्यानात आलेच असेल की सारा किती साधासोपा प्रकार आहे. तसेच या अक्रियाशील वायूना जरी "शिष्ठ" म्हणून संज्ञा मिळाली असली तरी त्यांचेही काही व्यावहारिक उपयोग अस्तित्वात आलेच आहेत. वातायनांमध्ये भरण्यासाठी हेलियमचा वापर होतो आणि पाणबुड्याना होणाऱ्या 'कुसूल व्याधी' वर त्याचीच उपाययोजना केली जाते. शहरात व इतरत्र वापरले जाणारे दिवे अरगॉन आणि निऑन वायूंचे असतात हे आपणास बहुधा माहीत असेलच.

अक्रियाशील वायु क्रियाशील झाले !

"दोन समांतर रेषा एकमेकीना कधीच छेदित नाहीत." युक्लीड या प्राचीन कालातील सर्वश्रेष्ठ गणितज्ञाने भूमितीतील हे तत्त्व सांगितले आहे.

"तसेच काही नाही, त्या एकमेकीस छेदतीलही." गतशतकाच्या मध्यास निकोलाय लोबाचेव्स्की यानी जाहीर केले.

सुरुवातील मोठमोठ्या शास्त्रज्ञानी निरर्थक बडबड व स्वप्नाळूपणा म्हणूनच त्याकडे पाहिले. पण अयूक्लिडीय भूमिती अस्तित्वात आली नसती तर सापेक्षतेची विचारप्रणाली किंवा विश्वाच्या संरचनेबाबतचे मोठे क्रांतिकारक नियम आपणापुढे मांडलेच गेले नसते.

आपल्यापैकी पुष्कळानी अलेक्सेय तलस्तोय यांची "इंजिनियर गारिनचा अपास्तपृष्ठ" ("इंजिनियर गारिन्स हायपरबोलॉइड") ही कथा वाचली असेलच. या कथेविषयी "फारच उत्कृष्ठ वैज्ञानिक कथा!" असाच जागतिक वाङमयीन क्षेत्राचा अभिप्राय पडला.

"कधीच अस्तित्वात न येणारी कल्पित कथा!" वैज्ञानिकानी आपले मत व्यक्त केले.

माणिक ऊर्फ रूबी स्फटिकातून पहिली कल्पनातीत तेजःपुंज आणि ऊर्जा-युक्त प्रकाश-शलाका बाहेर पडण्याच्या फक्त पंधरा वर्षे आधी तलस्तोयचे निधन झाले. या प्रकाश-शलाकेच्या शोधानंतर 'लेसर' हा शब्द शास्त्रज्ञांचा न राहता सर्वतोमुखी झाला.

...उत्साही, आशावादी रसायज्ञांचा ठाम विश्वास होता की आज ना उद्या या अक्रियाशील वायूंचा हट्टीपणा घालविता येईलच येईल. विसाव्या, तिसाव्या व चाळिसाव्या दशकातील जुनी मासिके व मुखपत्रे चाळण्याचे कष्ट घेतले तर त्यातील काही वेगळ्याच स्वरूपाच्या लेखांवरून ध्यानात येईल की आपल्या कार्यक्षेत्रात या अक्रियाशील वायूना ओढण्याचा प्रयत्न शास्त्रज्ञानी कधीच सोडला नाही.

या मासिकांच्या पानातून वैचित्र्यपूर्ण सूत्रे आपणाकडे जणू रोखून पाहत असल्याचे भासेल. त्यामधून हेलियमची व मर्क्यूरी (पारा), पॅलॅडिअम, प्लॅटिनम आणि इतर धातूंची संयुगे दृष्टोत्पत्तीस येतात. त्यांच्याबाबत एकच खटकत होते, ते म्हणजे तयार करण्याची उत्सुकता वाटावी अशी ही रासायनिक संयुगे नाहीत. त्यामध्ये हेलियमचे दोन इलेक्ट्रॉनयुक्त कवच अविचलच राहिले आणि खुद्द संयुगेही अगदी खालच्या म्हणजे निरपेक्ष शून्य तपमानात अस्तित्वात येत असत.

या मुखपत्रांची आणखी पाने चाळीत राहिलो तर वृत्तवजा एक लेख पहावयास मिळेल: सोविएत शास्त्रज्ञ निकितिन यानी काहीशी कमी चमत्कारिक वाटणारी अशी झेनॉन व रेडॉन यांची पाणी, फेनॉल व इतर कार्बनी द्रावां-



बरोबर काही संयुगे तयार केल्याचे वाचावयास मिळेल. $Xe \cdot 6H_2O$ व $Rn \cdot 6H_2O$ ही त्यांची रासायनिक सूत्रे होत. ती सर्वसाधारण परिस्थितीत टिकणारी असून सहजगत्या तयार करणे शक्य असते, पण...

पण पूर्वीप्रमाणेच रासायनिक-बंधाचा त्यामध्ये सुतराम संबंध नव्हता. झेनॉन आणि रेडॉन यांच्या अगदी बाहेरच्या कक्षा परिपूर्ण म्हणजे ८ इलेक्ट्रॉनयुक्त होत्या व राहिल्याही.

अत्यंत वादळी आणि अविस्मरणीय असे विसावे शतक आता संपत आले आहे. शास्त्रज्ञ गेल्या शंभर वर्षातील कामगिरीचा हिशेब करतील. निरनिराळ्या वैशिष्ठ्यपूर्ण शोधांची जी यादी तयार होईल तिच्यामध्ये "अक्रियाशील वायूंची संयुगे" तयार करण्याच्या कार्यास विशेष स्थान नक्कीच मिळेल. काही उत्साही लोक तर त्यांचा "अत्यंत खळबळजनक शोध" असाही उल्लेख करतील. खळ-बळजनक? नव्हे, अद्‌भुत घटनाच म्हटली पाहिजे. किंबहुना, शास्त्रज्ञाना कित्येक वर्षे छळणाऱ्या प्रश्नाचे उत्तर कधीकधी केवढे सोपे असू शकते त्याचे हे प्रतीकच म्हणावे लागेल.

आज आपल्याला रसायनशास्त्र म्हणजे एक प्रचंड, सतत विस्तारणारा वृक्षच वाटतो. या वृक्षाच्या केवळ एक डहाळीचे संपूर्ण ज्ञान मिळवणे एका व्यक्तीस आयुष्यभरात शक्य होणार नाही. संशोधकाला एका कोंबाचे, डहाळीचे सम्यक ज्ञान होण्यासाठी कित्येक वर्षे खपावे लागेल. अशा हजारो संशोधकांचे एकत्रित ज्ञान केवळ एका शाखेचेच होईल.

कॅनडातील रसायज्ञ नेल बार्ट्‌लेट याने ज्या 'डहाळी'चा अभ्यास केला

ते प्लॅटिनम हेक्झाफ्ल्युओराइड नामक संयुग होते व त्याचे सूत्र PtF_6 असे होते. या संयुगाच्या बाबतीत जो वेळ व श्रम त्याने खर्ची घातले ते केवळ अपघाती म्हणता येणार नाही. फ्ल्युओरिनची वजनदार धातूंपासून होणारी संयुगे फार कुतूहलजनक तर होतीच शिवाय विज्ञान व व्यवहारात त्यांचे फार महत्त्व होते. त्यांचा एक उल्लेख करण्याजोगा उपयोग म्हणजे युरेनिअम, युरेनिअम-२३५ व युरेनिअम-२३८ ही अणुशक्ती अभियांत्रिकीत वापरली जाणारी समस्थनिक द्रव्ये वेगळी करण्यामध्ये त्यांचा होणारा वापर. एक समस्थानिक द्रव्य, दुसऱ्या समस्थानिकापासून वेगळे करणे हे एक जटिल काम असते पण युरेनिअम हेक्झा-फ्ल्यूओराइडच्या मदतीने ते साधता येते. जडधातूंची फ्ल्यूओराइड संयुगे ही रासायनिकदृष्टचा उत्तम क्रियाशील गुणधर्माची असतात, हे त्यांचे आणखी एक वैशिष्टच.

बार्टलेटने PtF_3 आणि ऑक्सिजन यांच्या प्रक्रियेतून एक मोठे वैचित्र्यपूर्ण संयुग मिळविले. त्यामध्ये धनभारयुक्त O_2 च्या स्वरूपात ऑक्सिजन आढळला. एक इलेक्ट्रॉन गमावलेला रेणु! पण त्यामध्ये चमत्कारिक असे काय आहे? वैचित्र्य असे की ऑक्सिजनच्या रेणूतील एखादा इलेक्ट्रॉन वेगळा करण्यास फार मोठचा ऊर्जेची गरज असते, आणि तसे करण्यात प्लॅटिनम हेक्साफ्ल्युओराइड समर्थ आहे हे त्यातून निष्पन्न झाले.

अक्रियाशील वायूंच्या अणूंच्या ज्या बाहेरील कक्षा आहेत त्यातील एखादा इलेक्ट्रॉन वेगळा करण्यासाठीही ऊर्जेची मोठचा प्रमाणात आवश्यकता असते. एक अशी सुसूत्रता येथे आढळते की अक्रियाशील वायु जेवढा वजनदार तेवढी ऊर्जा कमी लागते. यावरून असे निष्पन्न झाले की ऑक्सिजनच्या रेणूतील एक इलेक्ट्रॉन वेगळा करण्यापेक्षा झेनॉन अणूपासून तो वेगळा करणे अधिक सोपे आहे.

एकूण हा असा प्रकार आहे तर... आणि यातुनच मोठी मजेदार गोष्ट सुरू झाली. बार्टलेटने प्लॅटिनम हेक्झाफ्ल्युओराइडच्या सहाय्याने झेनॉनच्या अणूतील एक इलेक्ट्रॉन 'चोरण्याचे' ठरविले. आणि तो यशस्वीही झाला!

अशा प्रकारे १९६२ मध्ये अक्रियाशील वायूचे जगातील पहिले संयुग जन्माला आले. $XePtF_6$ असा त्याचा चेहरामोहरा आहे. शिवाय, हेलियमची प्लॅटिनम किंवा मर्क्युरीसह (पाऱ्यासह) जी परकी संयुगे आहेत, त्यापेक्षा हे कितीतरी स्थिरस्वरूपी आहे.

ही चिमुकली घटना लागोलाग विस्तारत गेली. एखाद्या डेरेदार वृक्षात रूपांतर होऊ पाहणाऱ्या या बीजाने रसायनशास्त्रात एक नवी वाटचाल निर्माण केली — अक्रियाशील वायूंचे रसायनशास्त्र! अगदी कालपरवापर्यंत अनेक शास्त्रज्ञ साशंक मनःस्थितीत होते खरे, पण आज त्यांच्याजवळ तिसापेक्षा जास्त अशी अक्रियाशील वायूंच्या संयुगांची 'संपत्ती' आहे. खास करून ती झेनॉन, क्रिप्टॉन आणि रेडॉन यांची फ्ल्युओराइडवर्गीय संयुगे आहेत.

या 'पांढरपेशा' वायूंची बाह्य कवचे अभेद्य आहेत ही समजूत एकंदरीत खोटी ठरली तर.

अक्रियाशील वायूंच्या या विविध संयुगांच्या रेणूंची संरचना कशी आहे? शास्त्रज्ञाना ती उमगण्यास नुकतीच कुठे सुरुवात झाली आहे. एवढे मात्र निष्पन्न झाले की अणूंमध्ये, पूर्वी समजले गेले त्यापेक्षा पुष्कळच अधिक प्रमाणात संयुजा सामर्थ्य असले पाहिजे.

पूर्वी संयुजाची कल्पना ही विशेष स्थैर्य, अष्टकयुक्त कक्षेचा बिनचूकपणा अशा खास गुणधर्मांवर आधारलेली होती. आता मात्र शास्त्रज्ञांसमोर असा प्रश्न उभा आहे की या विचारप्रणाली मध्ये साऱ्या गोष्टींचे स्पष्टीकरण झालेले आहे का? प्रिय वाचकहो, नवे नियम शोधण्याचे भाग्य आपल्या तरी ललाटी लिहिलेले नाही ना?

आणखी एक विसंगती? त्यावर उपाय?

असे सांगतात की कोणी एक व्यक्ती काखेत जाडजूड बाड घेऊन एका संशोधन संस्थेत शिरली. ती बरीच चिन्ताक्रांतही दिसत होती. संस्थेतील शास्त्रज्ञांपुढे आपले कागदपत्र पसरले आणि मोठ्या आत्मविश्वासाने तो म्हणाला:

"माझ्या मते, मेंदेलेयेवच्या कोष्टकात मूलद्रव्यांचे केवळ सातच गट असावयास हवेत, कमी नाहीत की जास्त नाहीत.

"ते कसे काय?" तेथील शास्त्रज्ञानी कुतूहलाने विचारले.

"अगदी साधे कारण आहे. असे पहा, 'सात' या संख्येमध्ये केवढा अर्थ दडला आहे! इंद्रधनुष्यात सातच रंग नाहीत का? आणि संगीतातही सप्तस्वरच असतात..."

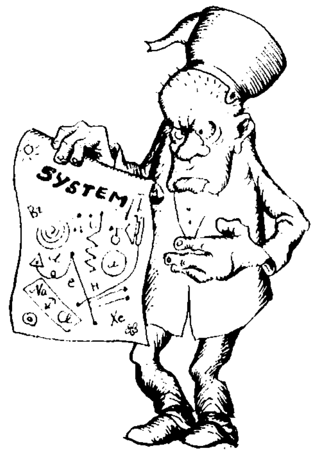
शास्त्रज्ञांच्या ध्यानात आले की समोरच्या माणसाचे डोके वाटते तेवढे ठिकाणावर नाही. मेंदेलेयेवच्या कोष्टकाबाबत त्याचा दावा मग त्यानी थट्टेवारीवर नेला. एकजण हसतच म्हणाला:

"खरेच की. माणसाच्या शिरावरसुद्धा सातच छिद्रे आहेत..."

"आणि शहारपणाचेही सप्तस्तंभच आहेत," दुसऱ्याने पुस्ती जोडली.

वाचकहो, ही एखादी दंतकथा नसून मॉस्कोच्या एक संस्थेत खरोखरीच घडलेली एक सत्यकथा आहे.

आवर्ती पद्धतीच्या इतिहासात एकदोन नव्हे तर अशा अनेक घडामोडी आढळतील. या कोष्टकाच्या पुनर्रचनेचे, अदलाबदलीचे एकामागोमाग एक असे अनेक प्रयत्न झाल्याचे दिसून येईल. काही प्रयत्नांमागे प्रामाणिक हेतू होता तर काही निव्वळ प्रसिद्धीच्या झोतात येण्यासाठी होते.



१९६९ साल मेंदेलेयेवच्या या महान शोधाची शंभरी झळकविणारे साल होते. अशा या शतकोत्सवी वर्षातसुद्धा काही विचारी रसायज्ञाना वाटत होते की या आवर्ती पद्धतीमध्ये काहीतरी बदल करणे जरूर आहे.

एक काळ असा होता की शून्य

क्रमांकाच्या गटातील मूलद्रव्याना 'रासायनिक' ही संज्ञा लावण्यास शास्त्रज्ञ तयार नव्हते. आता परिस्थिती बदलली आहे. शून्य क्रमांकाच्या गटातील मूलद्रव्याना अक्रियाशील म्हणणे काहीसे अन्यायाचे ठरू लागले आहे. आज असा एकही महिना जात नाही की या गटातील अक्रिया अक्रिया... माफ करा, मूलद्रव्यांच्या रसायनशास्त्रीय गुणधर्मावर निरनिराळया मुखपत्रातून नानाविध लेख प्रसिद्ध होत नाहीत. क्रिप्टॉन, झेनॉन, रेडॉन... यांच्या द्वि-, चतुर्-, षट् अशा साश्लेषित रासायनिक संयुगांची नित्य नवी माहिती देशादेशांमधून उपलब्ध होत आहे. वरील संज्ञा एकेकाळी जेवढया अपरिचित वाटल्या, तेवढयाच त्या आज सर्वसामान्य ठरल्या आहेत.

"मेंदेलेयेवच्या कोष्टकावर झेनॉनच्या फ्ल्युओराइडवर्गीय संयुगांची जणू टांगती तलवारच असल्याचे भासते," एका ख्यातनाम रसायनशास्त्रज्ञाचे हे उद्‌गार आहेत.

हे त्याचे म्हणणे काहीसे अतिशयोक्तीचे असेलही, पण ती टांगती तलवार लौकरात लवकर दूर होणे आवश्यक आहे. पण कशी नि केव्हा?

शास्त्रज्ञ या बाबतीत काय सुचवितात ते पहा: शून्य क्रमांकाच्या गटाची कल्पना प्रथम पुराणवस्तुसंग्रहालयाकडे पाठवा. त्यांच्या बाह्य कक्षेत आठ इले-क्ट्रॉन आहेत हे ध्यानात घेऊन या साऱ्या अक्रियाशील मूलद्रव्यांची रवानगी सरळ आठव्या गटात करा...

पण थोडे थांबा! मेंदेलेयेवच्या कोष्टकात आठवा गट अथवा मजला तर केव्हाच 'उभारलेला' आहे—आयर्न (लोह), कोबाल्ट, निकेल, रूदेनिअम, ऱ्होडिअम, पॅलॅडिअम, ओस्मिअम, इरिडिअम आणि प्लॅटिनम या रहिवाशांचा.

त्यांची कुठे सोय करावयाची?

झाले! रसायनशास्त्रज्ञ पुन्हा एकवार नव्याने उद्‌भवलेल्या विसंगतीच्या फेऱ्यात सापडले. आवर्ती सारणीचा परिचित तोंडवळा बदललाच पाहिजे, आणि तो सुद्धा ताबडतोब.

"कोणत्याही मार्गात काही ना काही अडचण उभीच असते" अशी एक

म्हण आहे. ही अडचण म्हणजेच जुनापुराणा आठवा गट. सारा तोंडवळाच जर बदलावयाचा झाला तर मग त्यांची सोय करावयाची तरी कुठे?

"सर्वभक्षक"

फ्ल्युओरिनचे वर्णन, सोविएत शास्त्रज्ञ ए. इ. फर्समन वरील विशेषणाने करतात. या मूलद्रव्यापेक्षा अधिक जहाल द्रव्य जगात तरी नाही. एवढा क्रियाशील पदार्थ निसर्गात दुसरा कोणताच नाही. सोन्यारूप्याप्रमाणे तो निसर्गात मूलस्वरूपात कधीच आढळत नाही तर केवळ संयुगांच्याच स्वरूपात आढळतो.

लॅटिन भाषेतील 'प्रवाही' या अर्थाच्या शब्दापासून फ्ल्युओरिन हा इंग्रजी शब्द तयार झाला तर रशियन भाषेतील तार हा शब्द ग्रीक भाषेतील 'विध्वंसक' या अर्थाच्या शब्दापासून तयार झाला. मेंदेलेयेवच्या कोष्टकातील सातव्या गटाच्या या प्रतिनिधिची अधिक सार्थ संज्ञा दुसरी कोणती असू शकेल?

असे म्हटले जाते की "फ्ल्युओरिन तयार करण्याचा मार्ग मानवी दुःखांतिकांचाच मार्ग ठरला!" हे काही निव्वळ अलंकारिक शब्द नव्हेत. मानवाने १०४ मूलद्रव्ये उजेडात आणली खरी पण त्या कामात नाना अडचणींना तोंड द्यावे लागले. निराशेचे, अपेक्षाभंगाचे कितीतरी प्रसंग सहन करावे लागले, अनाहूत चुकांचे प्रायश्चित्तही भोगावे लागले! अज्ञात मूलद्रव्यांचा मागोवा घेण्याच्या कामी शास्त्रज्ञाना जबर किंमत मोजावी लागली.

निव्वळ मूलद्रव्याच्या स्वरूपातील फ्ल्युओरिनने तर शास्त्रज्ञाना आपल्या प्राणांची किंमत मोजावयास लावली!

मूलद्रव्याच्या स्वरूपातील फ्ल्युओरिन मिळविण्याच्या प्रयत्नात जे दुःखद प्रसंग वेळोवेळी घडले त्यांची लांबलचक यादी मन विषण्ण करणारी आहे. आयरिश अॅकॅडमी ऑफ सायन्सचे नॉक्स हे सभासद, फ्रेंच रसायज्ञ निक्लेसे, बेल्जियन संशोधक लायट हे सारे या "सर्वभक्षका" चे बळी ठरले. कित्येक शास्त्रज्ञाना गंभीर दुखापती झाल्या. त्यामध्ये, नामवंत फ्रेंच रसायज्ञ गेल्युसॅक,

थेनार्ड आणि इंग्रज रसायनशास्त्रज्ञ हंफ्रे डेव्ही यांचा सामावेश आहे. इतर अनेक अज्ञात संशोधकही त्यात असणारच. आपल्याला 'वेगळे' करण्याच्या प्रयत्नांचा फ्ल्युओरिनने जणू सूड घेतला!

२६ जून १८८६ रोजी हेन्री मॉय्सन याने, फ्ल्युओरिन स्वतंत्र मूलद्रव्याच्या स्वरूपात मिळविण्यात आपण यशस्वी झालो हे सांगण्यासाठी पॅरिस ॲकॅडमी ऑफ सायन्स या संस्थेत प्रवेश केला तो एका डोळ्यास पट्टी बांधूनच...

निव्वळ मूलद्रव्याच्या स्वरूपात फ्ल्युओरिन कसे असते हे सांगणारा मॉय्सन पहिला शास्त्रज्ञ ठरला. या मूलद्रव्याबाबत संशोधन करण्यास अनेक शास्त्रज्ञ धजत नव्हते हे या संदर्भात खास करून लक्षात घेतले पाहिजे.

विसाव्या शतकातील शास्त्रज्ञानी फ्ल्युओरिनच्या जहाल स्वभावास लगाम घालण्याने अनेक मार्ग शोधले. ते मानवाच्या उपयोगी कसे पडेल याचा सखोल विचार केला. आज या मूलद्रव्याचे रसायनशास्त्र म्हणजे अकार्बनी रसायनशास्त्रातील विस्तृत क्षेत्र ठरले आहे.

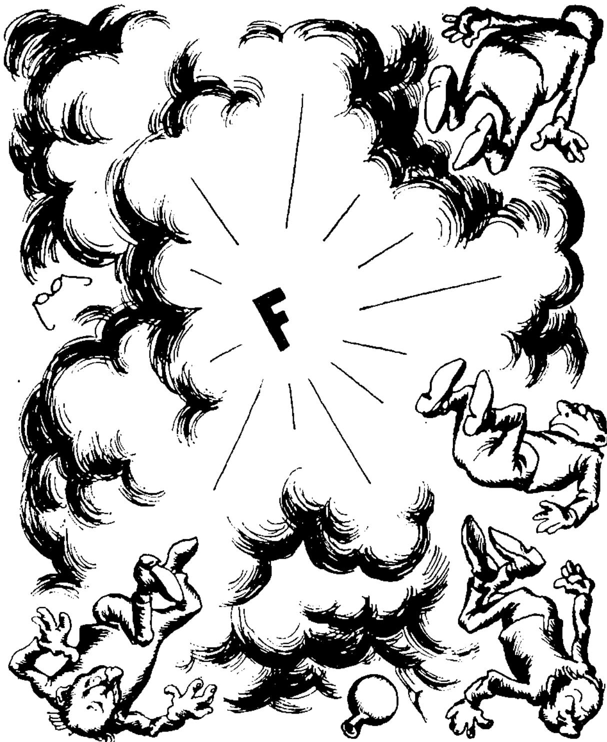
'बाटलीतील भूत' अखेर शांत झाले तर! मूलद्रव्याचे अथवा मुक्त स्वरूपातील फ्ल्युओरिन मिळविण्याच्या प्रयत्नांचे शेवटी चीज झाले.

अनेक प्रकारच्या आधुनिक शीतपेटिकांमध्ये थंडावा आणणारे माध्यम म्हणून फ्रिऑन वायूचा वापर होतो. रसायज्ञांच्या भाषेत मात्र त्यास डायफ्ल्युओरोडायक्लोरोमेथेन असे लांबलचक नाव आहे.

फ्ल्युओरिन स्वत: विध्वंसक खरे पण त्यापासून अशी संयुगे तयार होतात की त्यांचा नाश कुणीच करू शकत नाही. ती जळणार नाही, कुजणार नाहीत आणि अल्क किंवा आम्लात विरघळणारही नाहीत. खुद्द फ्ल्युओरिनचेही त्यांच्यावर कोणतेच परिणाम होत नाहीत. अगदी आर्क्टिकमधील थंडी किंवा तपमानातील अचानक बदल याबाबत ती अगदी जवळजवळ स्थितप्रज्ञच ठरतात. काही संयुगे द्रवरूप आहेत, इतर घनरूप. फ्ल्युओरोकार्बन संयुगे असे त्यांचे सर्वसामान्य नाव असून खुद्द निसर्गासही त्यांची निर्मिती करणे जमले नाही! कार्बन आणि फ्ल्युओरिन याच्या मिलाफातून माणसाने जी संयुगे निर्माण केली

ती फारच उपयुक्त ठरली. मोटारींमध्ये थंडावा राखणारे द्राव, खास प्रकारची वस्त्रे भरण्यासाठी (संसेचनार्थ), दीर्घकाळ टिकणारी वंगणतेले म्हणून, रोधक म्हणून, तसेच विविध प्रकारच्या साहित्यासाठी या संयुगांचा महत्त्वपूर्ण वापर केला जातो.

शास्त्रज्ञ जेव्हा अणुशक्ती मिळविण्याच्या प्रयत्नास लागले तेव्हा युरेनिअम-२३५ व युरेनिअम-२३८ या युरेनिअमच्या समस्थनिकांना वेगवेगळे करणे जरूरी



पडले. पूर्वी सांगितल्याप्रमाणे, युरेनिअम हेक्झाफ्ल्युओराइड या मोठ्या वेधक संयुगाच्या सहाय्याने शास्त्रज्ञ अति जटिल स्वरूपाच्या या कामात यशस्वी झाले.

काही दशकांपूर्वी हे अक्रियाशील वायू रासायनिकदृष्ट्या 'सुस्त' समजले जात. हा गैरसमज दूर करण्यात फ्ल्युओरिनने जो पुढाकार घेतला तो वाखाणण्याजोगाच म्हटला पाहिजे. झेनॉन या अक्रियाशील वायूचे पहिले संयुग जन्माला आले ते झेनॉन-फ्ल्युओरिन यांच्या संयुगाच्या रूपानेच.

फ्ल्युओरिनचे एकूण कार्य हे असे आहे.

हेनिंग ब्रँटचा "परीस"

मध्ययुगीन काळी, जर्मनीतील हँबुर्ग गावी हेनिंग ब्रँट नामक व्यापारी राहत होता. व्यापारात त्याची बुद्धी कशी काय चालत होती हे जरी आम्हास सांगता आले नाही तरी रसायनशास्त्राबाबत त्याच्या कल्पना अगदीच जुजबी होत्या याची मात्र आम्हास खात्री आहे.

पण इतरांप्रमाणेच काँही तरी करून एका रात्रीत श्रीमंत बनावे याचा त्यालाही मोह पडला होता. त्याच्या मते हे सोपे होते; ज्याने कशासही स्पर्श केला की सोने बनते असा किमयागारांचा दावा असणारा परीस शोधला की झाले.

वर्षामागून वर्षे गेली, व्यापारी वर्तुळात ब्रँटचे नाव कमी कमी ऐकावयास येऊ लागले. पुढे पुढे तर त्याचा उल्लेख होताच लोक खेदपूर्वक सुस्कारा टाकू लागले. या काळात, निरनिराळी खनिजे व ऐकीव मिश्रणे दळण्यात, चाळण्यात, मिश्रण करण्यात, विरघळविण्यात, उकळण्यात किंवा भाजण्यात ब्रँट अगदी गर्क होता, आणि त्यामुळे झालेल्या व चरत जाणाऱ्या जखमांची व्यर्थ काळजी घेण्यातही!

एका सायंकाळी ब्रँटचे नशीब उघडले. त्याच्या चंबूच्या तळाशी बर्फसदृश शुभ्रवर्णी पदार्थ साचला होता. तो चट्कन जळून गुदमरून टाकणाऱ्या वाफा

तयार होत. पण सर्वात आश्चर्याची गोष्ट म्हणजे रात्री हा पदार्थ चमकत होता. त्यामुळे जो थंड प्रकाश पडत होता तो जुनी बाडे व किमयाकारक ग्रंथ वाचण्यास पुरेसा होता (ब्रँटपुरते बोलावयाचे झाल्यास व्यापारी कागदपत्रांची जागा या ग्रंथानी घेतली होती.)

...आणि अशाप्रकारे निव्वळ योगायोगाने फॉस्फरस या रासायनिक मूलद्रव्याचा शोध लागला. ग्रीक भाषेतील 'प्रकाशणारा' या अर्थाच्या शब्दापासून त्याचे नाव तयार झाले आहे.

हा एवढा अद्वितीय गुणधर्म इतर कोणत्याच मूलद्रव्याच्या बाबतीत आढळत नाही.

फॉस्फरसचे महत्त्वपूर्ण आणि मौल्यवान गुणधर्म तर असंख्य आहेत.

अंधरात चमकणाऱ्या अनेक संयुगांचा फॉस्फरस हा एक महत्त्वाचा घटक असतो. ज्या सुप्रसिद्ध बास्करव्हील्स कुत्र्याचा शेर्लॉक होम्स दीर्घकाळ पाठलाग करीत होता तो आपणाला आठवतो का? त्याच्या तोंडास फॉस्फरसच फासण्यात आला होता.

मोलेशॉट या जर्मन रसायज्ञाने एकदा म्हटले, "फॉस्फरसच्या आभावी विचारशक्ती चालणारच नाही." खरेच आहे, कारण प्रमस्तिष्क मेंदूच्या पेशींमध्ये गुंतागुंतीच्या रचनेची अनेकविध फॉस्फरस-संयुगे आढळतात.

खरे तर जीवनसुद्धा फॉस्फरसच्या आभावी संपुष्टात येईल. त्यावाचून श्वसनसंस्थेचे काम थंडावेल, स्नायूंमध्ये ऊर्जा साठविलीच जाणार नाही. अखेर एकच सांगावेसे वाटते की जीवमात्रांच्या उभारणीत फॉस्फरस ही एक महत्त्वाची वीट ठरते. हाडांच्या उतींचा प्रमुख घटक म्हणजे कॅल्शियम फॉस्फेटच.

- निर्जीवाला सजीव करणारे हे मूलद्रव्य परिसापेक्षाही अधिक अद्भूतरम्य नाही काय?

आणि अखेर, फॉस्फरस कोणत्या कारणामुळे चमकतो?

पांढऱ्या फॉस्फरसभोवती नेहमीच फॉस्फरस-वाफेचे आवरण असते. या वाफेचे ऑक्सिडीकरण होते व त्यामधून बरीच ऊर्जा बाहेर पडते. या ऊर्जेमुळे फॉस्फरसचे अणु उद्दीपित होतात आणि त्यामुळे फॉस्फरस चमकू लागतो.

उल्हासित करणारा अनुभव – संख्यात्मकतेचे गुणवत्तेत रूपांतर

गडगडाटी वादळानंतरच्या हवेत किती उल्हासित वाटते. हवा स्वच्छ, नितळ झालेली असते आणि पहावे तिकडे उल्हासच उल्हास भरल्याचे जाणवते.

ही काही कविकल्पना नाही. या वादळात चमकणाऱ्या विजांमुळे वातावरणात ओझोन वायु तयार होतो आणि हवा स्वच्छ आणि उल्हासित करण्यास हाच वायु कारणीभूत असतो.

ओझोन म्हणजे मूलतः ऑक्सिजन वायूच असतो. फरक हा की ऑक्सिजनच्या रेणूत मूलद्रव्याचे दोन अणु असतात तर ओझोनमध्ये तीन, O_2 आणि O_3 – एक अणु कमी किंवा एक अणु जास्त. पण त्यामुळे एवढा फरक पडावा?

खरोखरीच फार मोठा फरक पडतो; ओझोन आणि ऑक्सिजन हे अगदी भिन्न स्वरूपाचे पदार्थ आहेत.

ऑक्सिजनवाचून जीवन अशक्य तर संपृक्त अशा ओझोनमुळे सर्व जीवमात्र मृत्युमुखी पडतात. प्रभावी ऑक्सिडीकारक म्हणून फ्ल्युओरिननंतर ओझोनचाच क्रम लागतो. कार्बनी पदार्थांशी संयोग पावताच ओझोन त्यांचा त्वरित नाश करतो. सोने आणि प्लॅटिनम वगळता, ओझोनशी संबध येताच सारे धातु त्यांच्या ऑक्साइडात त्वरेने रूपांतरित होतात.



एकूण ओझोन दुटप्पी आहे तर! साऱ्या जीवमात्राना मृत्युमुखी ढकलणारा आणि पृथ्वीवरील विविध जीवन फुलविण्यास कारणीभूत ठरणारा!!

या विरोधाभासाचे स्पष्टीकरण अगदी साधेसोपे आहे – सौर-उत्सर्जन एक-सारख्या प्रमाणात नसते. त्यामध्ये जंबुपार (अल्ट्रा-व्हायोलेट) किरणांचाही सामावेश असतोच.

ते पुर्णांशाने जर पृथ्वीवर पोहोचले तर येथील सारे जीवन नष्ट होईल. याचे कारण असे की त्यामध्ये ऊर्जेचे अत्यंतिक प्रमाण असते व ती प्राणिमात्रास फार घातक ठरते.

सुदैवाने या किरणांचा अल्पांशच पृथ्वीवर पोहोचतो. त्यांची बरीचशी ऊर्जा २० ते ३० कि. मी. उंचीवरील वातावरणातच शोषिली जाते. पृथ्वी-भोवती असणाऱ्या या उंचीवरील वातावरणाच्या थरात मोठ्या प्रमाणात ओझोन असतो आणि त्यामार्फत जंबुपार किरण शोषिले जातात.

पृथ्वीवर जीवसृष्टी अवतीर्ण होण्याबाबत ज्या आजच्या विचारप्रणाली आहेत त्यापैकी एक असे सांगते की वातावरणात ओझोनचा थर तयार होणे आणि पहिला जीव जन्माला येणे यांचा दाट संबंध आहे.

यातील तथ्यातथ्यता बाजूला ठेवली तरी पृथ्वीवरील लोकाना फार मोठ्या प्रमाणात ओझोनची गरज आहे हे मात्र खरे.

लोकाना, विशेषतः रसायज्ञाना, हजारो टन ओझोनची जरूरी असते. ऑक्सिडीकरणाचा ओझोनचा जो जबरदस्त गुणधर्म आहे त्याचा पुरेपुर वापर करून घेण्यास रासायनिक उद्योगक्षेत्र नेहमीच उत्सुक असते. खनिजतेल-उद्योगात ओझोनला मोठाच मान आहे. अनेक विहिरींतील तेलांमध्ये – पेट्रोलियममध्ये – गंधकाचा अंश आलेला असतो. अशा गंधकयुक्त तेलांच्या वापरामुळे यंत्रसामग्री पार खराब होऊन जाते. ओझोनच्या सहाय्याने तेलातील गंधक वेगळे करणे सुलभ तर जातेच शिवाय त्याचा वापर करून सल्फ्युरिक आम्लाचे (गंधकाम्लाचे) उत्पादन दुप्पट किंवा तिप्पट करण्याकडे उपयोग होऊ शकतो. आपण क्लोरिनी-करण केलेले पाणी पितो. ते निर्धोक असते खरे पण झऱ्यांच्या पाण्याएवढे ते चवदार नसते. ओझोनच्या सहाय्याने शुद्ध केलेले पाणी रोगकारक जंतूपासून सर्वस्वी मुक्त असते आणि त्यास कोणतीच अप्रिय चव किंवा वास नसतो. मोटारीच्या जुन्या टायरना ओझोनमुळे नवे रूप देता येते आणि कापड सेल्युलोज इत्यादीवर विरंजनक्रिया केली जाते. ओझोनचे असे कितीतरी उपयोग असल्या-मुळेच ओझोन तयार करण्याची, मोठ्या क्षमतेची औद्योगिक यंत्रसामग्री बनविण्या-च्या कामात शास्त्रज्ञ आणि अभियंते गर्क आहेत.

अशी ही ओझोन-कथा! O_2 पेक्षा O_3 यत्किंचितसुद्धा कमी महत्त्वाचा नाही. संख्यात्मकतेचे गुणवत्तेत रूपांतरण करणारे द्वंद्वात्मक तत्त्व फार पूर्वीच तत्त्वज्ञानाने सूत्रबद्ध केले आहे. ऑक्सिजन व ओझोन म्हणजे या तत्त्वाचा रसायनशास्त्रातील अत्यंत ठळक असा आविष्कारच म्हटला पाहिजे.

O_4 ऊर्फ ऑक्सिजनचे चार अणु असणारा आणखी एक रेणु शास्त्रज्ञाना माहीत आहे खरा पण ही "चौकडी" अतिशय अस्थिर स्वरूपाची आहे. साहजिकच O_4 च्या गुणधर्मांबाबत काहीच माहिती नाही.

किती साधे, पण केवढे विस्मयकारक!

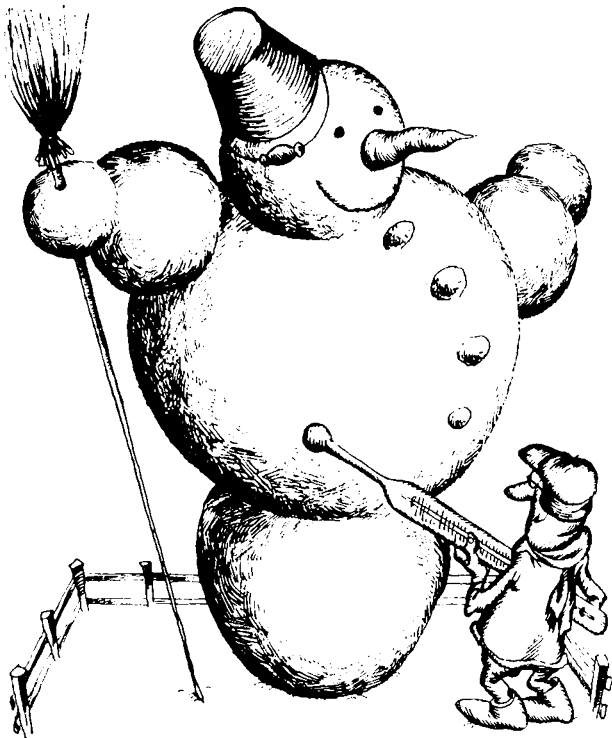
युद्धापूर्वी, "वोल्गा, वोल्गा" हा विनोदप्रधान चित्रपट दाखविला जात होता. त्यामध्ये आनंदी वृत्तीचा एक पाणीवाला आपला घोडा हाकित गाणे म्हणताना दाखविला आहे:

"सर्वत्र पाणी हवे हो हवे।
जलावीन कोणास ना राहवे।।"

हे गाणे एवढे लोकप्रिय झाले की त्यास अखेर सामान्य म्हणीचे स्वरूप प्राप्त झाले.

पण या साध्यासुध्या ओळींमध्ये केवढा अर्थ दडलेला आहे!

खरोखरीच पाणी ऊर्फ H_2O हा जीवनाचा सर्वात महत्त्वाचा आधारस्तंभ ठरतो. एक अणु ऑक्सिजनचा अधिक दोन अणु हायड्रोजनचे आपण सर्वप्रथम, बहुधा हेच रासायनिक सूत्र शिकत असाल. कल्पना करा की पृथ्वीवरचे सारे पाणी अचानक नाहीसे झाले तर? समुद्रातील भयाण दऱ्याखोरी उघड्या पडतील व एकेकाळी विरघळलेल्या मिठाचे सर्वत्र ढीग साचलेले दिसतील. नद्यांची पात्रे कोरडी पडतील, झऱ्यातून कारंजे कधीच नाचणार नाहीत, डोंगरांचे भुगे होतील, त्यातील प्रमुख घटक पाणी नाहीसा झालेला असेल.



पृथ्वीवर झाडेझुडपे आणि वृक्षवेली कधीच फुलणार नाहीत, सारी जीव-सृष्टी तडफडून नाहीशी होईल. वरती ढगविरहित आकाश, वेगळ्याच रंगात खिन्नपणे सर्वत्र पसरेल.

म्हटले तर किती साधे संयुग, पण त्याच्या आभावी जाणते किंवा अजाणते जीवन शक्यच नाही.

असे का? याचे मूलभूत कारण म्हणजे साऱ्या जगातील अत्यंत असामान्य रासायनिक संयुग असेच पाण्याचे स्वरूप आहे.

सेल्सियसने जेव्हा तापमापक शोधला तेव्हा त्याने त्याची उभारणी दोन स्थिर-मूल्यांकावर केली, पाण्याचा उत्कलनांक आणि गोठणांक. पहिल्याची किंमत त्याने १०० अंश धरली आणि दुसऱ्याची शून्य अंश समजली. या मर्यादेचे त्याने नंतर शंभर भाग केले. अशा तऱ्हेने तपमान मोजण्याचे पहिले उपकरण अस्तित्वात आले.

तथापि, आपण समजल्याप्रमाणे, पाणी शून्य अंशाला गोठत नाही किंवा १०० अंशाला उकळतही नाही हे जर सेल्सियसला ठाऊक असते तर त्याची काय प्रतिक्रिया झाली असती?

शास्त्रज्ञानी आज उत्तम प्रकारे सिद्ध केले आहे की या बाबतीत पाणी हा एक अत्यंत अप्रामाणिक पदार्थ आहे! या ग्रहावरील ते सर्वात असंगतपूर्ण संयुग ठरते. शास्त्रज्ञांचा दावा असा की पाणी १८० अंशाने कमी असणाऱ्या म्हणजेच उणे ८० अंश तपमानास उकळले पाहिजे. आवर्ती सारणीच्या सध्याच्या नियमांनुसार, अशा अंटार्क्टिकसदृश तपमानास उकळावयास हवे.

आवर्ती पद्धतीतील कोणत्याही गटातील मूलद्रव्यांचे गुणधर्म, हलक्या मूलद्रव्यापासून ते जड मूलद्रव्यांपर्यंत पायरीपायरीनेच बदलते किंवा वाढते आढळणार. उत्कलनांकाचे उदाहरण घ्या ना. कोणत्याही संयुगाचे गुणधर्म वाटेल तसे बदलणारे नसतात तर त्याचे रेणु मेंदेलेयेवच्या कोष्टकात कोणत्या ठिकाणी आहेत त्यावर अवलंबून असतात. हे खास करून हायड्रोजनच्या संयुगांबाबत, एकाच गटातील मूलद्रव्यांच्या हायड्राईड संयुगांबाबत विशेषत्वाने पहावयास मिळते.

पाण्याला, ऑक्सिजन हायड्राईड असेही संबोधिता येईल. ऑक्सिजन हा सहाव्या गटाचा सभासद असून याच गटात सल्फर (गंधक), सेलेनिअम, टेल्युरिअम आणि पोलोनिअम याही मूलद्रव्यांचा समावेश आहेच. पाण्याच्या रेणूचे जे सूत्ररूप आहे तसेच या मूलद्रव्याच्या हायड्राईड संयुगाचे असणार जसे, H_2S, , H_2Se, , H_2Te आणि H_2Po याप्रमाणे. या संयुगांचा उत्कलनांक, सल्फरपासून त्याच्या वजनदार भावांपर्यंत टप्प्याटप्प्याने नियमित झालेला आढळतो.

हे पाहता आपल्या अचानक ध्यानात येईल की टप्प्याटप्प्याने होणाऱ्या या मलिकेत पाण्याचा वरील उत्कलनांक न आढळता तो वेगळाच असून, जेवढा असावयाच हवा त्यापेक्षा कितीतरी वरचा आहे. एकंदरीत, आवर्ती सारणीचे नियम मो-डण्यासाठी नसून पाळण्यासाठी आहेत हे पाण्याला मान्य नाही, म्हणूनच तो आपले वाफेत होणारे स्थित्यंतर १८० अंशावर नेऊन ठेवतो. पाण्याच्या बाबतीत आढळणाऱ्या विसंगतींची ही तर केवळ सुरुवात आहे!

दुसरी विसंगती त्याच्या गोठणांकाशी संबंधित आहे. आवर्ती सारणीचे नियम तर असे सांगतात की पाणी, शून्याखाली १०० अंशास गोठले पाहिजे. पण छे! पाणी या नियमासही सहजगत्या झुगारून देते आणि शून्य अंशास गोठते.

पाण्याचे हे हट्टी वागणे हेच दर्शविते की या ग्रहावर त्याच्या द्रवरूप आणि घनरूप स्थिती चारचौघांसारख्या नाहीत. नियमांनुसार, पाणी केवळ बाष्परूपातच येथे अस्तित्वात असले पाहिजे. पाण्याने जर आवर्ती सारणीच्या नियमांनुसार वागावयाचे ठरविले तर... तर काय होईल याची कल्पनाच केलेली बरी. मनोरंजक वैज्ञानिक कथाकादंबऱ्या लिहिणाऱ्याना आपली कल्पनाशक्ती कितीही ताणण्यास मोठेच खाद्य मिळेल. पण आपल्यापुरते व शास्त्रज्ञांपुरते पहावयाचे झाल्यास असेच म्हणावे लागेल की आवर्ती सारणी प्रथमदर्शनी जेवढी साधीसोपी वाटते तेवढी ती नसून फारच गुंतागुंतीची आहे. जशी माणसे नियमांचे पालन न करण्यास प्रवृत्त होतात तोच प्रकार या सारणीच्या सभासदांबाबतही पहावयास मिळतो. एकूण पाणी, जाणून बुजून हट्टीपणा करते तर!

पण का?

याचे कारण असे की पाण्यांच्या रेणूंची एक खास प्रकारे रचना झालेली असते आणि त्यामुळे एकमेकास आकर्षित करण्याचा मोठा ठळक गुणधर्म त्यामध्ये पहावयास मिळतो. एखाद्या पेल्यातील पाण्यात पाण्याचा केवळ एक एकाकी रेणु पाहता येणे अशक्यच. शास्त्रज्ञ ज्यास सहचरण म्हणतात तशा प्रकारे हे रेणु गट तयार करतात. या दृष्टिकोनातून पाण्याचे $(H_2O)_n$ असे सूत्र लिहिणेच

सार्थ ठरते. त्यातील n हा अधिष्ठ, रेणूंची सहचरणातील संख्या दर्शविते. पाण्याच्या रेणूंमध्ये असणारे हे सहचरणात्मक बंध तोडणे अति दुष्कर काम असते. यामुळेच अपेक्षित तपमानापेक्षा कितीतरी जास्त तपमानामध्ये पाणी उकळते किंवा गोठते.

"थंड पाण्यावरील मृदू बर्फ"

१९१३ साली, एका दुःखद घटनेची वार्ता साऱ्या जगभर पसरली. "टिटॅनिक" नामक एक भले मोठे प्रवासी जहाज हिमखंडावर आपटून फुटले आणि साऱ्या प्रवाशांसह सागरतळी गेले! तज्ज्ञांच्या मते या अपघाताची अनेक कारणे संभवतात. असे म्हणतात की दाट धुक्यामुळे कप्तानाला प्रचंड हिमखंड वेळीच दिसला नाही आणि जहाज त्यावर आदळले.

पण रसायनशास्त्रज्ञांच्या दृष्टिकोनातून या घटनेकडे पाहिले तर एक अनपेक्षित निष्कर्ष निघतो: पाण्याच्या आणखी एका विसंगत गुणधर्माने टिटॅनिकचा बळी घेतला!

पाण्यावर जसे बूच तरंगते तसे हे हिमखंड तरंगताना दिसतात. मात्र आकाराने ते पर्वतप्राय आणि वजनात हजारो टन भरतात.

बर्फ पाण्यापेक्षा हलका असल्यामुळेच हे शक्य होते.

एखादा धातु वितळवून त्यात धातूचा तुकडा टाका बरे, तो लगेच तळाशी जाईल. यावरून हेच दिसते की कोणत्याही घनरूप पदार्थाची घनता, त्याच्या द्रवरूप अवस्थेपेक्षा अधिक भरते. यास अपवाद म्हणजे पाणी व बर्फ. पण तसे नसते तर मध्य अक्षांशाच्या प्रदेशातील पाण्याचा सर्व साठा हिवाळ्यात गोठून तळाशी गेला असता आणि सारे जलचर नाश पावले असते.

जेव्हा कडक थंडी पडते आणि सारे काही गोठू लागते तेव्हा तयार झालेला बर्फ अधिकच कठीण बनतो, एवढा की नदीवरून चालण्याजोगा "हिवाळी रस्ता" तयार होणे अगदी शक्य असते. आश्चर्य वाटेल की त्याखालून पाणी मात्र संथपणे, पूर्वीसारखेच वाहत असते. नदी अगदी तळापर्यंत कधीच गोठत नाही.

असा हा बर्फ, म्हणजेच पाण्याचे घनस्वरूप अतिशय वैशिष्टचपूर्ण प्रकार आहे. नेहमीच्या परिचयाच्या बर्फाव्यतिरिक्त त्याचे इतरही अनेक प्रकार पहावयास मिळतात. निसर्गात आढळणारा बर्फ शून्य अंश सेल्सिअस तपमानात वितळणारा असतो. शास्त्रज्ञानी उच्च दाब वापरून प्रयोगशाळेत बर्फाचे आणखी सहा प्रकार तयार केले आहेत. त्यापैकी सर्वात विस्मयजनक प्रकार (बर्फ-७) २१,७०० हून जास्त वातावरणीय दाबाखाली तयार केला गेला असून त्यास तप्त-बर्फ असेच म्हणावयास हवे. ३२,००० वातावरणीय दाबाखाली तो १९२ अंश से. तपमानास वितळतो.

वितळणाऱ्या बर्फाएवढे परिचित उदाहरण दुसरे कोणतेच नसावे. किती साधी घटना, पण त्यामध्ये केवढचा आश्चर्यकारक घडामोडी दडल्या आहेत!

कोणताही घन पदार्थ वितळल्यावर तो प्रसरण पावण्यास सुरुवात होते. पण बर्फ वितळून तयार होणारे पाणी अगदी वेगळ्या प्रकारे वागते; ते प्रथम आकुंचन पावते व नंतरच – तपमानातील वाढ चालूच राहिल्यास – प्रसरण पावण्यास सुरुवात होते. हे घडण्यास, पाण्याच्या रेणूंची एकमेकास आकर्षित करण्याची प्रवृत्तीच कारणीभूत आहे. शून्य अंशावरील चार अंश तपमानास ही प्रवृत्ती फारच प्रकर्षाने पहावयास मिळते, परिणामी या तपमानास पाण्याची घनता अत्याधिक असते. म्हणूनच अगदी कडाक्याच्या थंडीतही नद्या, तळापर्यंत गोठत नाहीत. त्यानंतर येणारा वसंत ऋतू सर्वांना उल्हासित करतो. शरद् ऋतूतील सोनेरी दिवसांची मजा वसंत ऋतूतील उबदार हवामान आणि झाडाझुडपानी धारण केलेला किरमिजी रंगाचा पोशाख मनाला मोहून टाकतो. पाण्याच्या विसंगत गुणधर्माचा हा आणखी एक आविष्कार!

बर्फ वितळविण्यास फार मोठ्या प्रमाणात उष्णतेची आवश्यक असते. समान प्रमाणातील इतर कोणताही पदार्थ वितळविण्यास लागणाऱ्या उष्णतेपेक्षा ती कितीतरी पटीने अधिक भरते.

पाणी गोठते वेळी ही उष्णता बाहेर पडते, अशा प्रकारे बर्फ आणि हिम पृथ्वीस उबदार करतात, हिवाळ्याचे उन्हाळ्यात होणारे जलद रूपांतर सहवणारे करतात आणि शरद् ऋतूचा परिणाम आणखी काही आठवडे टिकवितात. याउलट वितळणारा बर्फ वसंत ऋतूतील उष्मा काही काळ रोखून धरतो.

पृथ्वीवर पाण्याचे प्रकार तरी किती?

शास्त्रज्ञानी, हायड्रोजनचे निसर्गात आढळणारे तीन प्रकारचे समस्थानिक शोधले आहेत, आणि त्यापैकी प्रत्येकाचा ऑक्सिजनशी संयोग होऊ शकतो. म्हणजेच पाण्याने तीन प्रकार समजता येतात: प्रोटियम पाणी H_2O; ड्यूटेरिअम पाणी D_2O आणि ट्रिटियम पाणी T_2O.

परंतु मिश्र स्वरूपातही पाणी असू शकेल, म्हणजे एक अणु प्रोटिमयमचा आणि एक अणु ड्युटेरिअमचा, किंवा ड्युटेरिअमचा एक अणु आणि ट्रिटियमचा एक अणु पाण्याच्या रेणूंमध्ये असणे अगदी शक्य आहे. मग पाण्याच्या प्रकारात HDO, HTO व DTO यांची भर पडते.

पण पाण्यामध्ये जो ऑक्सिजन असतो तोही त्याच्या समस्थानिकांचे मिश्रण असतो. ऑक्सिजन-१६, ऑक्सिजन-१७ आणि ऑक्सिजन-१८ हे ते प्रकार असून त्यापैकी पहिले समस्थानिक सर्वात जास्त प्रमाणात आढळते.

ऑक्सिजनचे हे प्रकार लक्षात घेता यादीमध्ये आणखी १२ प्रकारांची भर पडते. आपण जेव्हा नदीचे किंवा तळ्याचे पाणी ओंजळीत घेतो तेव्हा त्यात अठरा प्रकारचे पाणी असेल अशी शंकाही आपल्या मनात डोकावित नाही.

पाणी कोठूनही घेतले तरी ते वेगवेगळ्या अणूंचे मिश्रण असते हे नक्की, अगदी H_2O^{16} या सर्वात हलक्या रेणूपासून T_2O^{18} या सर्वात जड रेणूपर्यंत. वरील अठरा प्रकारांपैकी कोणताही एक प्रकार शुद्ध अवस्थेत तयार करणे रसायज्ञाना आज शक्य आहे.

हायड्रोजन समस्थानिकांचे गुणधर्म ध्यानात येण्याएवढे भिन्न असतात. तर मग पाण्याच्या वेगवेगळ्या प्रकारांबाबत काय परिस्थिती आहे? काही बाबतीत त्यांच्यातही भिन्नता आढळतेच. उदाहरणार्थ, त्यांच्या घनता वेगवेगळ्या आहेत आणि उत्कलनांक व गोठणांक भिन्न तपमानांचे आहेत.

आणखी एक वस्तुस्थिती ही की निसर्गातील पाण्यातही या प्रकारांचे प्रमाण सर्वत्र आणि नेहमीच भिन्न भिन्न आढळते.

उदाहरणार्थ, नळाच्या एक टन पाण्यात १५० ग्रॅम जड ड्युटेरिअम पाणी

असते. मात्र प्रशान्त महासागरातील पाण्यात त्याचे जादा म्हणजे दर टनास १६५ ग्रॅम हे प्रमाण आढळते. नदीतील पाण्यापेक्षा कॉकेशिअन हिमनदीमध्ये जड पाणी ७ ग्रॅम जादा असते. थोडक्यात असे म्हणता येईल की पाण्याचे समस्थानिकयुक्त मिश्रण सर्वत्र वेगवेगळे आहे. याचे कारण असे की निसर्गात या समस्थानिकांच्या अदलाबदलीची क्रिया फार मोठ्या प्रमाणात व सतत चालू असते. निरनिराळ्या परिस्थितीत हायड्रोजन आणि ऑक्सिजनचे समस्थानिक एकमेकांच्या जागेची एकसारखी अदलाबदल करीत असतात. तथपि, आपला सारा व्यवहार प्रामुख्याने प्रोटियम पाण्याशीच असतो. याचा अर्थ, इतर प्रकारांशी आपणास कर्तव्य नाही असा मात्र मुळीच नव्हे. काही प्रकारांचा विशेषत: D_2O सारख्या जड पाण्याचा विस्तृत प्रमाणात वापर केला जातो. अणु भट्ट्यांमध्ये युरेनिअमच्या द्विभंजनास कारणीभूत ठरणाऱ्या अशा न्यूट्रॉनच्या नियमनार्थ D_2O ऊर्फ जड पाणी वापरले जाते. समस्थानिकांच्या रसायनशास्त्राच्या अभ्यासात, संशोधनार्थ पाण्याचे विविध प्रकार शास्त्रज्ञाना नेहमीच लागतात.

तर मग पाण्याचे अठराच प्रकार आहेत? जास्त नाहीत? खरे तर पाण्याचे प्रकार किती तरी जास्त असू शकतील. नैसर्गिक समस्थानिकांबरोबरच मानवनिर्मित व किरणोत्सारी असे ऑक्सिजन-१४, ऑक्सिजन-१५, ऑक्सिजन-१९ आणि ऑक्सिजन-२० हे ऑक्सिजनचे समस्थानिक अस्तित्वात आलेले आहेत. अगदी अलिकडे, हायड्रोजनच्या समस्थानिकांमध्येही भर पडली आहे; H^4 व H^5 यांच्याशी आपली ओळख झालीच आहे.

हे मानवनिर्मित असे हायड्रोजन व ऑक्सिजनचे समस्थानिक विचारात घेतले तर ताण्याच्या प्रकारांची यादी शंभरच्या वर जाईल; वाटले तर निश्चित आकडा प्रत्यक्ष मोजून पहा...

"जीवनजल", जीवदायी जल, सर्वव्यापी जल!

अमरत्व देणाऱ्या "जीवनजला" बद्दल अनेक दंतकथा, लोककथा प्रचलित झाल्या आहेत. त्यामध्ये जखमा बऱ्या करण्याच्या विस्मयजनक हकिकतींपासून

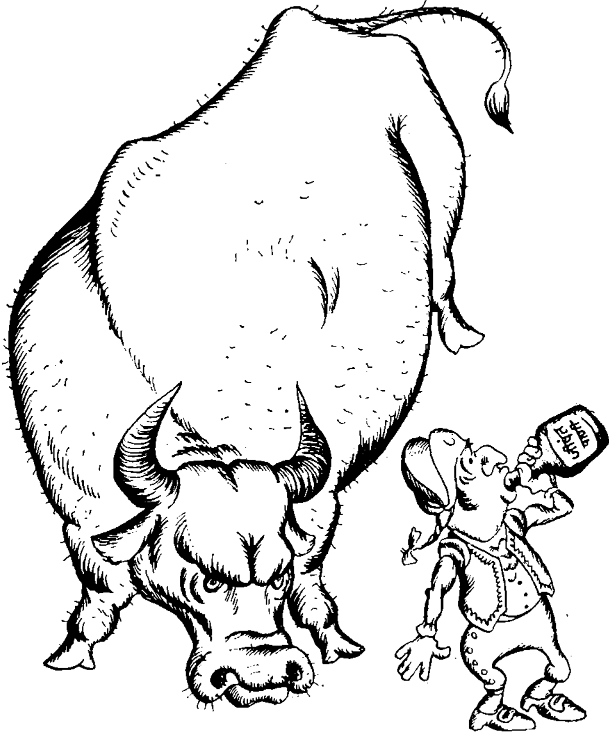
ते मृत माणसास जिवंत करण्याच्या अद्भूत कथांचा समावेश आहे. भित्र्या माणसास ते धाडसी बनविते आणि समर्थ माणसांचे सामर्थ्य शंभर पटीनी वाढविते.

माणसाने पाण्याला असे गुणधर्म बहाल केले ते केवळ कल्पनेने अथवा योगायोगाने नाही. मानवी जीवनाचा कानाकोपरा पाण्याने व्यापलेला आहे. आपण पृथ्वीवर जीवन जगतो, झाडांच्या आणि फळाफुलांच्यात वावरतो, नौकानयनाचा आनंद मिळवितो, हिवाळयात बर्फावरून घसरण्याचा खेळ खेळतो किंवा उन्हाळयात थंड पाण्यात पोहतो असे अनेक प्रकार पाण्यामुळेच शक्य झाले आहेत. काटेकोरपणे सांगावयाचे झाल्यास, पाण्याच्या रेणूंची एकमेकास आकर्षित करण्याची व सहचरणाची प्रवृत्तीच या सार्‍या प्रकारांच्या मुळाशी आहे. आपल्या ग्रहावर जीवन धारणा अस्तित्वात येण्यास व तिचा विकास होण्यास ही एक महत्त्वाची मूलभूत गरज होती व आजही आहे. खरे पाहता पृथ्वीचा इतिहास म्हणजे पाण्याचाच इतिहास ठरतो. पृथ्वीचा तोंडवळा पाणी सतत बदलीत आले आहे, बदलत आहे आणि या पुढेही बदलणार आहेच.

जगातील सर्वश्रेष्ठ रसायनशास्त्रज्ञ जर कुणी असेल तर ते पाणीच. कोणतीही नैसर्गिक घटना, मग ती नवे खडक तयार होण्याची, खनिजे अस्तित्वात येण्याची असो किंवा जीवमात्रांच्या शरिरात अथवा वनस्पतींमध्ये घडून येणारी अत्यंत गुंतागुंतीची रासायनिक प्रक्रिया असो, पाण्यावाचून ती घडणेच अशक्य.

प्रयोगशाळेत पाण्यावाचून रसायज्ञांचे क्षणोक्षणी अडते, एखाद्या पदार्थाचे गुणधर्म तपासण्याच्या कामी, त्यांची रूपांतरणे करण्यासाठी, नवी संयुगे तयार करण्यासाठी, पाण्यावाचून त्यांचे अडणार नाही अशी उदाहरणे बोटांवर मोजण्याएवढी तरी निघतील की नाही कोण जाणे. सर्व द्रावकांमध्ये सर्वोत्कृष्ट द्रावक जर कोणते असेल तर पाणीच. प्रक्रियांमध्ये भाग घेण्यास पात्र ठरण्यासाठी अनेक पदार्थ प्रथम पाण्यात विरघळविणे आवश्यक असते.

एखादा पदार्थ विरघळतो म्हणजे काय होते? त्या पदार्थाच्या पृष्ठभागी असणार्‍या रेणू व अणूंमध्ये जी आकर्षणात्मक खेच असते ती पाण्यामुळे शेकडो



पटीनी कमजोर होते . परिणामी हे अणु व रेणु पदार्थापासून वेगळे होतात व पाण्यात मिसळतात. कपातील चहामध्ये चमचाभर साखर टाकली असता तिचे स्वतंत्र, सुट्या रेणूंमध्ये विभाजन होते. मिठाचे भारयुक्त सोडियम आणि क्लोराइड आयनांमध्ये विघटन होते. पाण्याच्या वैशिष्ट्यपूर्ण संरचनेमुळे त्यामध्ये विरघळणाऱ्या पदार्थांचे अणु व रेणु आकर्षित करण्याची मोठी क्षमता निर्माण झालेली असते. या संबंधात इतर अनेक प्रकारची द्रावके पाण्यापेक्षा कनिष्ठ दर्जाची ठरतात.

पृथ्वीवर असा एकही खडक-प्रकार नाही की जो पाण्याची विध्वंसक क्रिया रोखून धरेल. उत्तमातला उत्तम असा ग्रॅनाईट खडकसुद्धा मंदगतीने का होईना पण निश्चितपणे पाण्यास 'शरण' जातो. विरघळलेले सारे काही पदार्थ पाणी अखेर समुद्रांमध्ये नेऊन टाकते. यामुळेच पाण्याचे प्रचंड साठे खारे (क्षारयुक्त) बनलेले आहेत. एके काळी, म्हणजे कोटचावधी वर्षांपूर्वी मात्र समुद्रातील पाणी क्षारविरहित ऊर्फ गोडचा पाण्याच्या स्वरूपात जरूर होते.

हिमकणिकांचे रहस्य

हिमवर्षावाच्या रूपाने ठिकठिकाणी जो बर्फ पडतो त्याच्याशी खेळण्यात मुले केवढी दंग झालेली असतात. बर्फाच्या चुऱ्याचे गोळे करून ते एकमेकांवर फेकण्याची आणि किल्ले रचण्याची त्याना मोठी हौस असते. या मुलांजवळचा बर्फ मागा, तो केव्हाच त्यांच्या तोंडात गेलेला असेल. एवढा तो चवदार असतो? त्याचा प्रत्यक्षच अनुभव घेतला पाहिजे.

हा केवळ बालिशपणा तर नव्हे? मुळीच नाही. त्याचे गांभीर्य काही वेगळेच आहे.

या संबंधाने कोंबडीच्या पिलांवर पुढील प्रयोग केला गेला. कोंबडीच्या पिलांच्या एका गटास नेहमीचे पाणी पिण्यास देण्यात आले तर दुसऱ्या गटास नैसर्गिक बर्फाचे व हिमकण तरंगणारे असे वितळलेले पाणी दिले गेले. तसा चवीत काही फार मोठा फरक असेल असे वाटत नाहीं. पण निष्कर्ष मात्र आश्चर्याचा धक्का देणारे ठरले. नेहमीचे पाणी पिण्यासाठी पिलांची ना गडबड, ना भांडण. याउलट, हिमकणांचे वितळलेले पाणी पिणारी पिले मात्र ते मिळविण्यासाठी नेहमीच अहिमहिकेने पुढे होत, धक्काबुक्की करत, प्रसंगी लढतही. या पाण्याचे पात्र म्हणजे अक्षरशः युद्धभूमीच ठरली. त्या पाण्यास अशी कोणती चव होती कोण जाणे, पण पिले ते आधाशीपणे पिऊन टाकत.

पुढे दीड महिन्यानी दोन्ही गटातील पिलांची वजने करण्यात आली.

ज्याना वितळलेल्या पाण्यावर वाढविले होते ती सारी वजनदार भरली. साधे पाणी पिणाऱ्या पिलांच्या तुलनेने त्यांचे वजन अधिक होते. थोडक्यात असे म्हणता येईल की हिमकण वितळून तयार होणाऱ्या पाण्याच्या अंगी काही नवलपूर्ण गुणधर्म असले पाहिजेत. जीवमात्रास ते अतिशय फायदेशीर ठरणारे आहे. तसे असण्याचे कारण?

सुरुवातीचा तर्क असा की या वितळलेल्या पाण्यात ड्युटेरिअम अधिक प्रमाणात उपलब्ध असेल व त्यामुळे ते फायदेशीर ठरत असावे. जीवमात्राच्या वाढीस ड्युटेरिअमचे अल्प प्रमाण खचितच उपयुक्त असते. पण हे झाले अर्ध-सत्य...

आता असे विश्वसनीयरित्या वाटते की खरे कारण दुसरेच कोणतेतरी असावे व ते प्रत्यक्ष वितळण्याच्या प्रक्रियेतच दडलेले असण्याची दाट शक्यता आहे.

बर्फाची स्फटिकरूप रचना असते; पण सर्वसाधारणपणे असे म्हणता येईल की पाणी म्हणजे द्रवरूप स्फटिक आहे. त्याचे रेणु पूर्णपणे विस्कळित झालेले नसतात. तथापि, हे खरे की बर्फापेक्षा त्याचे स्वरूप नक्कीच भिन्न असते. या द्रवरूप स्फटिकाचा सांगाडा आधिक मोकळया स्वरूपाचा असतो.

जेव्हा बर्फ वितळतो तेव्हा त्याचा सांगाडा बराच काळ टिकतो. वितळलेले पाणी वरवर द्रवरूप दिसते खरे पण त्यातील रेणु बर्फमय स्थितीत असतात, या हिमकणिकांचे स्वरूप दोन्ही बाजू टोकदार असलेल्या लोलकाप्रमाणे किंवा खिळयाप्रमाणे असते. रेणूंची बर्फमय अवस्था कायम राहिल्यामुळे अशा वितळले-ल्या पाण्याची रासायनिक क्रियाशीलता नेहमीच्या पाण्यापेक्षा अधिक असते. निरनिराळया जैविक क्रिया-प्रक्रियांमध्ये ते सहजगत्या आणि ताबडतोब भाग घेऊ शकते. जैविक पदार्थांमार्फत त्याचा स्वीकार झाल्यावर नेहमीच्या पाण्यापेक्षा हे वितळलेले पाणी या पदार्थांशी सहजगत्या एकरूप होते.

शास्त्रज्ञाना असे वाटते की जीवातील पाण्याची संरचना ही बर्फाच्या संरचने-शी मोठ्या प्रमाणात मिळतीजुळती असली पाहिजे. जीवामार्फत नेहमीचे पाणी जेव्हा पचनी पाडले जाते तेव्हा त्याच्या संरचनेची पुनर्रचना करणे आवश्यक

असते. वितळलेल्या पाण्यामध्ये ही इच्छित संरचना आधीच झालेली असल्यामुळे रेणूंची पुनर्रचना करण्यासाठी जीवास जादा ऊर्जा खर्च करण्याची जरूरी पडत नाही.

जीवसृष्टीत पाण्याची भूमिका अतिशय महत्त्वपूर्ण ठरते असेच एकंदरीत निष्पन्न होते.

थोडे भाषाशास्त्र – अथवा दोन भिन्नप्रकार

शब्दांशिवाय बोलणे अशक्य आणि अक्षरांवाचून शब्दांचे अस्तित्व नाही. मुळाक्षरे शिकण्यानेच आपण भाषा शिकण्यास सुरुवात करतो. मुळाक्षरे दोन प्रकारची असतात – स्वर आणि व्यंजने. यापैकी कोणताही एक प्रकार नसेल तर कुठलीही मानवी भाषा म्हणजे निरर्थक ध्वनी वाटतील. अशी एक कादंबरी लिहिली गेली आहे की त्यामध्ये एका अज्ञात ग्रहावरील माणसे केवळ व्यंजनयुक्त भाषा बोलतात. पण काही झाले तरी ती केवळ वैज्ञानिक कादंबरीच...

निसर्ग आपल्याशी रासायनिक संयुगांच्या भाषेत बोलतो. या शब्दांचा पाया आहे रासायनिक 'अक्षरे' म्हणजेच पृथ्वीवर आढळणारी मूलद्रव्ये. शब्दांची म्हणजे रासायनिक संयुगांची संख्या आहे तीस लाखाच्या घरात किंवा जास्तच पण या रासायनिक भाषेच्या मुळाक्षरांची संख्या किती भरते, तर अवघी शंभर-एक!

या "मुळाक्षरां" मध्येही 'स्वर' आणि 'व्यंजने' आहेतच. रासायनिक मूलद्रव्यांची धातु आणि अधातु अशा दोन गटात विभागणी युगानुयुगे चालत आलेली आहे. अधातूंपेक्षा धातूंची संख्या विपुल भरते – २१ : ८३, बास्केटबॉल-च्या खेळातील गुणसंख्येच्या नोंदीप्रमाणेच वाटते, नाही? माणसाच्या भाषेत जशी व्यंजने जास्त आणि स्वर कमी, अगदी तसाच प्रकार. माणसाच्या भाषेत केवळ व्यंजनांचा वापर कोणताच अर्थ व्यक्त करणार नाहीत, ती निरर्थक बडबड ठरेल. रासायनिक भाषेत मात्र निव्वळ व्यंजनांचे (अधातूंचे) एकत्रि-

करण पुष्कळदा आढळते. अधातूंच्या संयोगातून जी संयुगे अस्तित्वात आली त्यांच्याशी या पृथ्वीवरच्या जीवनाचा घनिष्ठ संबंध आहे. म्हणूनच शास्त्रज्ञ, कार्बन, नायट्रोजन, ऑक्सिजन आणि हायड्रोजन या चार प्रमुख अधातूना जैवद्रव्ये म्हणजे (कार्बनी) जीवसृष्टी निर्माण करणारी द्रव्ये समजतात. या यादीत फॉस्फरस आणि सल्फर (गंधक) मिळविले की या सहांमार्फतच सारी जैविक द्रव्ये — प्रथिने, कार्बोहायड्रेट, मेदद्रव्ये व जीवनसत्त्वे — निसर्गाने निर्माण केल्याचे आढ-



ळेल. ऑक्सिजन आणि सिलिकॉन या दोन मूलद्रव्यांच्या (रासायनिक 'मुळाक्षरा' तील दोन 'स्वरां'च्या) संयुगातून SiO_2 या चिन्हाचे व रसायनशास्त्राच्या भाषेत सिलिकॉन डायॉक्साइड या नावाने ओळखले जाणारे संयुग तयार होते. हा पृथ्वीचा पायाभूत पदार्थ असून साऱ्या खडक-प्रकाराना व खनिजाना एकत्रित जोडणारे ते एकप्रकारचे सीमेंट आहे असे म्हटले तरी चालेल.

या रासायनिक 'मुळाक्षरा'तील 'स्वरां'ची यादी पूर्ण करण्यास आणखी काही थोड्याच स्वरांची जरूरी आहे. त्यामध्ये हॅलोजेनवर्गीय मूलद्रव्ये, शून्य क्रमांकाच्या गटातील हेलियम इ. मूलद्रव्ये आणि काहीशी अपरिचित अशी बोरॉन, सेलेनिअम आणि टेल्युरिअम ही मूलद्रव्ये सामाविष्ट केली की झाले.

हे जरी खरे असले तरी पृथ्वीवरील सारेच्या सारे जैविक पदार्थ केवळ अधातूंपासूनच तयार झाले आहेत असे समजणे मात्र चुकीचे ठरेल.

मानवी शरिरात निरनिराळी सत्तरहून जास्त मूलद्रव्ये असल्याचे शास्त्रज्ञानी सिद्ध केलेच आहे. त्यामध्ये सारे अधातु आणि लोहापासून ते अगदी किरणोत्सर्गी मूलद्रव्यांपर्यंत सर्वांचा समावेश आहे; युरेनिअमही त्यात येतेच.

माणसाच्या भाषेत व्यंजनांची संख्या स्वरांपेक्षा जास्त का हे कोडे भाषाशास्त्रज्ञाना ब्ऱ्याच काळापासून सतावित आहे. रसायनशास्त्रज्ञाना सताविणारा प्रश्न हा की आवर्ती सारणीत धातु व अधातु असे दोन भिन्न गट का असावेत. या प्रत्येक गटामध्ये, एकमेकांपासून खूपच वेगळी अशी कितीतरी मूलद्रव्ये आहेत यात संशय नाही, तरीसुद्धा त्यांच्यामध्ये काहीना काही साम्यही आढळतेच.

"दोन अगदी भिन्न प्रकार" का?

एका थट्टेखोर माणसाने, माणूस आणि जनावर यांच्यासंबंधी असा शेरा मारला की या दोहोत, विनोदबुद्धी आणि इतिहासापासून धडा शिकण्याची प्रवृत्ती यामुळे फरक पडतो. दुःखातही माणूस हसेल आणि एकदा ठेच खाल्ल्यावर बहुधा तीच चूक पुन्हा करणार नाही. या दोन वैशिष्टचांमध्ये आपणास तिसऱ्या

गुणाची भर टाकता येईल, ती म्हणजे त्याचे कुतुहल किंवा "असे का?" हे विचारण्याची व त्याचा शोध घेण्याची प्रवृत्ती .

आपण आता या "का?" चा थोडा वापर करू या.

उदाहरणार्थ, मेंदेलेयेवच्या आवर्ती सारणीत, त्याच्या मजल्यांवर आणि भागात अधातूंची मांडणी एकसमान नसून त्याच्या विशिष्ट भागातच त्यांचे गट का आढळतात? धातु हे धातुच असणार तसेच अधातुही अधातुच राहणार हे जरी खरे असले तरी त्यांच्यामध्ये नेमका फरक कोणता? आपल्या विवेचनाची सुरुवात करण्यास हा प्रश्न सयुक्तिक आहे.

जेव्हा दोन मूलद्रव्ये (ती कोणती का असेनात) एकमेकांशी संयोग पावतात तेव्हा त्यांच्या अणूंच्या अगदी बाहेरच्या इलेक्ट्रॉन-कक्षांची पुनर्रचना होते. कोणत्या तरी एका मूलद्रव्याचा अणु, इलेक्ट्रॉन गमावतो आणि दुसऱ्याचा अणु तो स्वीकारतो.

धातु आणि अधातु यांच्यातील फरक एका अति महत्त्वाच्या रासायनिक नियमामध्ये आपणास आढळेल. अधातूंमध्ये दोन परस्पर विरुद्ध अशा क्रिया होऊ शकतात: नियमानुसार ते इलेक्ट्रॉन स्वीकारत असले तरी ते दुसऱ्यास देण्यासही अथवा सोडून देण्यासही तयार असतात. त्यांचे वागणे लवचीक स्वरूपाचे असते आणि परिस्थितीनुसार हा गुणधर्म वापरला जातो. इलेक्ट्रॉन स्वीकारणे हे अधिक फायदेशीर वाटले तर अधातु ऋण आयनाच्या स्वरूपात आढळतील. तसे नसेल तर धन आयन तयार होतील. यास अपवाद म्हणजे फ्ल्युओरिन व ऑक्सिजन यांचा. त्याना कोणतीच 'तडजोड' मान्य नसते; त्याना इलेक्ट्रॉनचा स्वीकार करणे फक्त माहीत आहे, ते गमावणे मंजूर नाही. आधातूंच्या तुलनेने धातु कमी 'वस्ताद' किंवा कमी व्यवहारकुशल ठरतात. त्यांचे एकच निरपवाद तत्त्व असते: इलेक्ट्रॉन द्या, पण कधीही स्वीकारू नका. म्हणूनच ते धनभारित आयन तयार करतात. जादा इलेक्ट्रॉन मिळविणे त्यांच्या नशिबी नाही. धातुरूप मूलद्रव्यांचे हे असे ताठर वागणे असते. आणि हाच धातु आणि अधातूंमध्ये आढळणारा मूलभूत फरक आहे.

तथापि, जिद्दीच्या रसायज्ञांनी या कडक नियमाच्या बाबतीतही अपवाद शोधलाच. खुद्द धातूंमध्येही विसंगत गुणधर्म आढळतातच. आतापावेतो तरी दोन (आणि दोनच) धातूनी अधातुसदृश असे गुणधर्म प्रकट केले आहेत. ॲस्र्टटाइन आणि ऱ्हेनिअम (मेंदेलेयेवच्या आवर्ती सारणीतील ८५ व्या व ७५ व्या खोलीतील रहिवासी) हे ऋण भाराचे एकसंयुजी आयन तयार करतात असे दृष्टोत्पत्तीस आले आहे. आपल्या सहेतुक वागण्याने आश्चर्य निर्माण करणाऱ्या धातु-कुटुंबियाच्या बाबतीत हा काळा डागच ठरतो...

कोणत्या अणूंमार्फत इलेक्ट्रॉन सहजगत्या गमावले जातात आणि विनासायास स्वीकारले जातात? सर्वसाधारणपणे असे सांगता येईल की ज्या अणूंच्या अगदी बाह्य कक्षेत अल्पसंख्येत इलेक्ट्रॉन असतात त्याना इलेक्ट्रॉन गमाविणे अधिक सोयीस्कर पडते, तर ज्यांमध्ये ते अधिक असतात त्याना, आपले इलेक्ट्रॉन-अष्टक पुरे करण्याच्या दृष्टीने इलेक्ट्रॉनचा स्वीकार करणे अधिक फायदेशीर असते. अल्कधातूंच्या बाबतीत, त्यांच्या बाह्य कक्षेमध्ये फक्त एकच इलेक्ट्रॉन असतो; त्याचा त्याग करण्यास ते कधीच मागेपुढे पाहत नाहीत. एकदा तसे झाले की मग त्याना, त्यांच्या बाहेरच्या बाजूस, नजिकच्या अक्रियाशील वयूची स्थिर कक्षा सापडते. म्हणून तर अल्क-धातु हे इतर सर्व धातूंपेक्षा रासायनिकदृष्टचा सर्वात जास्त क्रियाशील असतात. त्यातून, त्यांच्याचपैकी फ्रांसियम (खोली क्र. ८७) या धातूची क्रियाशीलता तर सर्वोच्च समजली जाते, जणू साऱ्यांचा तो पुढारीच! एखाद्या गटातले मूलद्रव्य जेवढे जड, तेवढा त्याचा अणु आकाराने मोठा आणि त्यानुसार, बाहेरील एकुलत्या एक इलेक्ट्रॉनवर अणुकेंद्रकाची खेच कमकुवत ठरते.

अधातूंच्या समाजात सर्वात जास्त बेफाम म्हणजे फ्ल्युओरिन. त्याच्या बाह्य कक्षेत सात इलेक्ट्रॉन असतात. अजिंक्यतेचे बिरूद मिळविण्यासाठी केवळ एका इलेक्ट्रॉनची त्यास गरज असते. संधी मिळताच, आवर्ती सारणीतील बहुधा कोणत्याही मूलद्रव्यापासून तो हिरावून घेण्यास अगदी तयार असतो. फ्ल्युओरिन-च्या या माथेफिरू हल्ल्याचा कोणासही प्रतिकार करणे अशक्य आहे.

इतर अधातुही इलेक्ट्रॉनचा स्वीकार करतात, त्यापैकी काही अगदी सहजतेने तर काही थोड्या कष्टाने, आता आपल्या लक्षात येईल की आवर्ती सारणीच्या मुख्यत्वेकरून उजव्या बाजूच्या वरच्या कोपऱ्यात ते का एकत्रित ठेवले गेले: त्यांच्या बाहेरील बाजूस भरपूर इलेक्ट्रॉन असतात आणि आवर्ताच्या अखेरीस जे अणु असतात त्यांच्याच बाबतीत हे शक्य असते.

आणखी दोन "का?"

पृथ्वीवर धातूंची एवढी जास्त संख्या का आणि अधातु एवढे कमी का? आणि अधातूंपेक्षा धातूंचे एकमेकांशी एवढे साम्य का? सल्फर (गंधक) आणि फॉस्फरस किंवा आयोडीन आणि कार्बन यांच्या वरवरच्या स्वरूपावरून सहसा कुणी फसणार नाही पण अगदी तज्ज्ञाससुद्धा निओबिअम आणि टँटॅलम किंवा मॉलिब्डेनम आणि टंगस्टन यातील फरक वरवर पाहता ध्यानात येणार नाही.

संख्यांची अदलाबदल केल्यामुळे निष्कर्ष बदलत नाही. अंकगणितातील हा बहुधा सर्वात कडक नियम असावा. पण रसायनशास्त्रात मात्र, अणूंच्या इलेक्ट्रॉन-कक्षांच्या संरचनेच्या संबंधात हा नियम कधीकाळीच लागू पडतो...

जोपर्यंत आवर्ती सारणीच्या दुसऱ्या आणि तिसऱ्या आवर्तातील मूलद्रव्यांशी आपला संबंध येतो तोपर्यंत सारे काही आलबेल म्हटले पाहिजे. या आवर्तामधल्या प्रत्येक मूलद्रव्यात, नवा इलेक्ट्रॉन अणूच्या अगदी बाहेरच्या कक्षेत प्रवेश करतो. एक इलेक्ट्रॉन वाढविला जाताच नव्या मूलद्रव्याचे गुणधर्म, त्याच्या अगोदरच्या मूलद्रव्यापेक्षा कमालीचे वेगळे ठरतात. सिलिकॉन ॲल्युमिनियमशी जुळत नाही, सल्फरमध्ये (गंधकामध्ये) फॉस्फरसशी समान ठरतील असे कोणतेच गुणधर्म नाहीत. धात्त्विक गुणधर्म लयाला जाऊन त्यांची जागा अधात्त्विक गुणधर्माकडून घेतली जाते, कारण अणूंच्या बाह्य कक्षेत इलेक्ट्रॉनची संख्या जेवढी जास्त तेवढी त्यांचा त्याग करण्यातील सहजता कमी असते.

आता आपण चौथ्या आवर्ताकडे आलो. पोटॅशियम आणि कॅल्शियम हे

दोन्ही दर्जेदार धातु आहेत. आपली साहजिकच अपेक्षा असणार की त्यांच्या-मागोमाग अधातूंचा क्रम लागणार. पण एवढी घाई करू नका, आपल्या पदरी निराशाच ठेवली आहे. कारण स्कँडिअमपासून पुढील मूलद्रव्यात येणारा प्रत्येक इलेक्ट्रॉन बाह्य कक्षेऐवजी, शेवटून दुसरी कक्षा पसंत करतो. "संख्येतील अदलाबदल..." पण या अदलाबदलीमुळे "बेरीज" बदलते – मूलद्रव्याच्या गुणधर्मांची बेरीच.

शेवटून दुसऱ्या क्रमांकाची कक्षा, बाह्य कक्षेपेक्षा अधिक सनातनी असून मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांवर त्याचा फारसा परिणाम घडत नाही. म्हणूनच मूलद्र-व्यांतील फरक फारसा उठून दिसत नाही.

आपल्या तीन क्रमांकाच्या कक्षेत इलेक्ट्रॉनची संख्या पूर्णांशाने नाही याचे स्कँडियमला जणू स्मरण असते. त्यामध्ये वास्तविक १८ इलेक्ट्रॉनची जरूरी असते, पण प्रत्यक्षात फक्त १० च आहेत. पोटॅशिअम व कॅल्शिअम याना याचा विसर पडलेला असतो आणि नव्याने मिळविल्या गेलेल्या इलेक्ट्रॉनची सोय ते आपल्या चौथ्या क्रमांकाच्या कक्षेत करतात. स्कँडियमच्या बाबतीत मात्र नवा नियम प्रस्थापित झाला.

शेवटून दुसऱ्या कक्षेची पूर्णता दहा मूलद्रव्यांमार्फत क्रमाक्रमाने होत जाते. त्यांची बाहेरची कक्षा बदलत नाही व त्यामध्ये फक्त दोनच इलेक्ट्रॉन असतात. अणूच्या बाह्य कक्षेत इलेक्ट्रॉनची संख्या कमी असणे हे धातूंच्या बाबतीत वैशि-ष्टचच म्हटले पाहिजे; म्हणूनच स्कँडिअम – झिंक (जस्त) या व्याप्तीत निव्वळ धातुच आढळतात. त्यांच्यापाशी जर दोनच इलेक्ट्रॉन असतील तर संयुगे तयार होताना त्यानी बाह्य कक्षेसाठी इलेक्ट्रॉन का म्हणून स्वीकृत करावेत? ज्या मूलद्रव्यांशी ते प्रक्रिया पावतात त्यानाच हे दोन इलेक्ट्रॉन प्रदान करणे त्याना अधिक सोपे आहे. शिवाय, आपल्या अपूर्ण अशा शेवटून दुसऱ्या कक्षेतील इलेक्ट्रॉन उसने घेण्यास त्यांची आडकाठी नसतेच, परिणामी ते अनेक धन संयुजा दर्शवितात. उदाहरणार्थ, मँगेनीज हे धनभारित द्वि-, त्रि-, चतुर्-, षद् आणि सप्तसंयुजातही असू शकते. म्हणूनच धातूंचे अनेक प्रकार असून अधातूंच्या मानाने ते एकमेकांशी अधिक साम्य दर्शविणारे आहेत.

आणखी विसंगती

षष्ठ-संयुजाच्या स्वरूपातील ऑक्सिजन किंवा सप्तसंयुजांचा फ्ल्युओरिन असा काही प्रकार कोणाच्या ऐकिवात आहे का? मुळीच नाही. तसे कोणाच्याही कानावर आलेले नाही. अशा प्रकारचे ऑक्सिजन व फ्ल्युओरिन रसायनशास्त्राच्या नजरेस कधीच पडणार नाहीत. हा निराशावाद नसून आमचा आत्मविश्वास आहे.

स्थिर अशा इलेक्ट्रॉन-अष्टकाच्या कक्षेसाठी जर या मूलद्रव्याना अवघ्या एक किंवा दोन इलेक्ट्रॉनची जरूरी असेल तर एवढ्या मोठ्या संख्येत त्यांचा त्याग करण्याची जरूरीच का पडावी? म्हणूनच, ज्यामध्ये ऑक्सिजन धन संयुजा दर्शवितो अशी संयुगे फारच कमी भरतात. उदाहरणार्थ, Fe_2O अशा रचनेचे ऑक्साइड मिळविण्यात आले असून त्यात ऑक्सिजन धनभारित द्विसंयुजेत आढळतो. पण रसायनशास्त्राच्या दृष्टीने हा एक परका प्रकार ठरतो. फ्ल्युओरिनची धन संयुजा असलेली संयुगेही आभावानेच आढळतात.

विशाल घरातील नियमांपैकी एक नियम असे सांगतो की एखाद्या मूलद्रव्याची अधिकतम धन संयुजा, संबंधित मूलद्रव्याच्या गटाचा जो क्रमांक असेल तेवढ्याच संख्येत असली पाहिजे.



आता ऑक्सिजन व फ्ल्युओरिन हा नियम जरी मोडत असले तरी सहाव्या आणि सातव्या गटात त्यांची कायमची नोंद झाली आहे. त्याना हलविण्याचे कोणाच्या मनातही आलेले नाही कारण, या दोघांची इतर सर्व बाबतीतील रासायनिक वागणूक विशाल घराच्या इतर मजल्यांवरील त्यांच्या वजनदार शेजाऱ्यांप्रमाणे तंतोतंत आहे. तरीसुद्धा

ही एक विसंगतीच असून रसायज्ञाना त्याबाबत पूर्ण कल्पना आहे, पण ते मुळीसुद्धा लक्ष देत नाहीत, कारण त्यामुळे मेंदेलेयेवच्या सारणीचे वास्तुशिल्प काही बिघडत नाही.

तथापि, डोकेदुखी निर्माण करणारी आणखी एक विसंगती आढळतेच,

मध्ययुगीन खनिकर्मात गुंतलेल्या कामगाराना, लोहखनिजाशी अगदी मिळताजुळता असा एक खनिज-प्रकार कधीकधी आढळे. पण गंमत अशी की त्यापासून लोह काही मिळविता येत नसे. नेहमीच्या सवयीनुसार कामगारानी या अपयशाचे खापर सैतानच्या माथी फोडले. त्या सैतानी खनिजास कोबोल्ड आणि सैतानास निक अशा जर्मन भाषेत संज्ञा होत्या. पुढे मात्र स्पष्ट झाले की यात सैतानाचा कोणताच संबंध नसून त्या खनिजात लोखंड मुळी नव्हतेच. जी दोन इतर मूलद्रव्ये होती त्यांचे लोखंडाशी साम्य होते हे खरे. झालेल्या फसगतीची आठवण म्हणून त्यांची कोबाल्ट व निकेल अशी नावे ठेवली गेली.

मध्ययुगातच, त्यावेळच्या स्पॅनिश जेत्याना प्लॅटिनो डेल पिनो या दक्षिण अमेरिकेतील नदीच्या किनारी एक वैचित्र्यपूर्ण व धातुसदृश पदार्थ आढळला. या वैचित्र्यपूर्ण, चमकदार आणि वजनदार धातूचे प्लॅटिनम असे नाव ठेवले गेले. तो कोणत्याच आम्लात विरघळणारा नाही असेही ध्यानात नाले. तीन शतके लोटल्यानंतर असे दिसले की प्लॅटिनम बहुधा नेहमीच आपल्या पाच सवंगड्यांसमवेत – रूदेनिअम, ऱ्होडिअम, पॅलॅडिअम, ओस्मिअम आणि इरिडि-अम – निसर्गात आढळतो. ही सहा दुर्मिळ – खरे तर विरळ – मूलद्रव्ये एकमेकां-पासून ओळखणे फारच कठीण असते. एकमेकांपासून वेगळी मिळविण्यात फारच कष्टप्रद, अशा या गटास प्लॅटिनम-कुटुंब म्हटले जाऊ लागले.

– आणि मग विशाल घरात त्याना जागा देण्याची वेळ आली!

आता तुम्ही, एक गुंतागुंतीची आणि शास्त्रज्ञांच्या प्रयत्नांची मोठी रसाळ कथा ऐकण्यासाठी कान टवकारले असतील. त्याबाबतीत तुमची निराशा करण्यात आम्हाला खरे तर मुळीच स्वारस्य नाही; पण गुंतागुंत वगैरे काहीच नसून तो एक अगदी साधासुधा प्रकार होता...

शिल्पशास्त्रातील अस्सल कल्पकता !

सारे घर अगदी मूळ आराखड्याबरहुकुम आणि त्याचे सारे भाग एकमेकांशी प्रमाणबद्ध बांधलेले आहेत पण उर्वरित भाग मात्र साऱ्या घराशी विसंगत, वेगळ्याच पद्धतीने बांधण्यात आला आहे ; जणुकाही त्याची संरचना दुसऱ्याच एका वास्तुशिल्पज्ञाने केली आहे, असे घर तुमच्या कधी पाहण्यात आले आहे काय ?

तसे कधी पाहण्यात आले असेल असे वाटत नाही.

पण, विशाल घर मात्र अगदी याच प्रकारचे वैचित्र्यपूर्ण घर ठरते. मेंदेलेयेवने त्याचा एक भाग असाच आगळ्या पद्धतीने बांधला ; नव्हे तसे करणे त्यास भाग पडले, असे म्हणणेच सयुक्तिक ठरेल. हा आगळावेगळा भाग म्हणजेच आवर्ती पद्धतीचा आठवा गट होय. त्यातील मूलद्रव्ये त्रिकुटांच्या स्वरूपात रचली आहेत. आणखी एक वैचित्र्य हे की ती प्रत्येक मजल्यावर नसून कोष्टकाच्या लांबलचक आवर्तांमध्येच आहेत. त्यापैकी एकात आयर्न (लोह), कोबाल्ट आणि निकेल आहेत आणि इतर दोहोंमध्ये प्लॅटिनम-कुटुंब आहे.

त्यांच्यासाठी अधिक योग्य जागा शोधण्याचा मेंदेलेयेवने कसून प्रयत्न केला. अखेर, आवर्ती सारणीस आठवे आवर्त जोडण्याखेरीज त्यास मार्गच उरला नाही.

आठवे आवर्त का ? कारण अगदी साधे आहे : अगोदर हॅलोजेनचा सातवा गट आहे, त्यानंतर आठवाच येणार. आहे की नाही साधे उत्तर ?

पण त्यामुळे गटांचे क्रमांक अगदीच औपचारिक ठरतात.

आठव्या गटाची अधिक आठ अशी संयुजा असणे हा नियम नसून क्वचितच आढळणारा तो एक अपवाद आहे. फक्त रूदेनिअम आणि ओस्मिअम त्यानुसार वागण्याचा प्रयत्न करतात, पण तरीसुद्धा ते कठीणच जाते ; त्यांची RuO_4 व OsO_4 ही ऑक्साइडे अस्थायीच आहेत.

शास्त्रज्ञांची पुरेपूर मदत घेऊनही कोणताच धातु या उच्चांकापर्यंत कधीही पोहोचलेला नाही.

हे कोडे एकत्रितपणे सोडविता येते का ते पाहू या.

एक वस्तुस्थिती लक्षात घ्या की रासायनिक प्रक्रियांध्ये भाग घेण्यास प्लॅटिनम धातु अतिशय नाखूष असतो. म्हणूनच रसायज्ञ आपल्या प्रयोगांसाठी प्लॅटिनमची उपकरणे वापरतात. प्लॅटिनम व त्याचे सवंगडी म्हणजे धातुवर्गातील जणु पांढरपेशेच, अगदी अक्रियाशील वायूंसारखेच. म्हणूनच या दोन्ही गटाना शिष्ठतेचे बिरूद कायमचे चिकटले आहे. आणखी एक लक्षात घेण्याजोगी वस्तुस्थिती अशी की निसर्गात ते संयोगीत स्वरूपात कधीच सापडत नाहीत तर प्राकृतिक म्हणजे धातुरूपात आढळतात.

या संबंधात लोहाचे उदाहरण पहा. बऱ्यापैकी क्रियाशील मूलद्रव्याप्रमाणेच लोहाची रासायनिक वागणूक असते. शुद्ध लोह मात्र फारच स्थिरस्वरूपी असते. (जाता जाता विचार करण्याजोगी परिस्थिती अशी की फक्त धातूच नव्हेत तर इतर अनेक मूलद्रव्ये अत्यंत शुद्ध स्वरूपात रासायनिक परिणामास मुळीच दाद देणारी नसतात).

प्लॅटिनम-कुटुंबियाचे जे वैशिष्टच आपण वर पाहिले त्यास त्यांची अगदी बाहेरची कक्षा कारणीभूत नसून शेवटून दुसऱ्या क्रमांकाची इलेक्ट्रॉन-कक्षा जबाबदार असते.

आपली १८ इलेक्ट्रॉनची * गट-संख्या पुरी करण्यास या कक्षेत केवळ काही इलेक्ट्रॉनचीच कमतरता असते, आणि १८ इलेक्ट्रॉनयुक्त कक्षाही बऱ्यापैकी स्थिरस्वरूपी संरचनेची समजली जाते. यामुळेच या कक्षेतील इलेक्ट्रॉन दुसऱ्यास देण्यास प्लॅटिनम-कुटुंब राजी नसते. इलेक्ट्रॉन स्विकारणेही त्याना शक्य नसते, काही झाले तरी अखेर ते धातु आहेत ना! प्लॅटिनम-कुटुंबियांच्या अनाकलनीय, वैचित्र्यपूर्ण वागणुकीमागे हे कारण आहे.

---

*पॅलॅडियम या मूलद्रव्यात, त्याच्या शेवटून दुसऱ्या (N) कक्षेत प्रत्यक्षात अठरा इलेक्ट्रॉनचा पूर्ण संच असतो; पण त्याच्या बाहेरील कक्षेत (O) मात्र एकही इलेक्ट्रॉन नसतो. – अनुवादक.

तरीसुद्धा, मेंदेलेयेवच्या सारणीची जी काही सयुक्तिकता आहे त्यामध्ये हा आठवा गट काही चपखल बसत नाही. ही विसंगती दूर करण्यासाठी आठवा आणि शून्य क्रमांकाचा गट एकत्रित करावा असे रसायज्ञांचे म्हणणे आहे.

हे असे करणे सयुक्तिक आहे का, याचे उत्तर भविष्यकालच देईल.

चौदा जुळी भावंडे!

या चौदा जुळयांना 'लँथॅनाइडे' असे म्हटले जाते. हे नाव पडण्याचे कारण असे की ती सारी एकमेकांशी मिळतीजुळती आहेत आणि लँथॅनमशी इतर साऱ्यांचे कमालीचे साम्य आढळते, पाण्याच्या थेंबात जसा फरक आढळत नाही त्याच-प्रमाणे या चौदा भावंडातही कोणताच फरक दिसून येत नाही. त्यांच्यातील या कमालीच्या रासायनिक साधर्म्यतेमुळे या साऱ्यांना एकाच खोलीत म्हणजे लॅथॅनमच्या खोली क्र. ५७ मध्ये ठेवले गेले.

हा एक अक्षम्य गैरसमज नव्हे काय? इतर अनेक शास्त्रज्ञांसह खुद्द मेंदेले-येवने प्रतिपादित केलेले आहे की आवर्ती सारणीत प्रत्येक मूलद्रव्यास स्वतंत्र आणि निश्चित ठिकाणी जागा मिळाली पाहिजे.

पण इथे तर या पद्धतीतील चौदा रहिवाश्यांना दाटीवाटीने एकाच खोलीत रहावयास भाग पाडलेले दिसते. सहाव्या आवर्तातील तिसऱ्या गटातील ही सारी मंडळी आहेत. त्याना वेगवेगळे आणि इतर योग्य गटांमध्ये नाही का ठेवता येणार?

हा प्रयत्न मेंदेलेयेवसह अनेकानी करून पाहिला. त्यानी सेरिअमला चौथ्या गटात, प्रेसिओडिमीअमला पाचव्या, निओडिमिअमला सहाव्या... याप्रमाणे जागा दिल्या. पण या विभागणीमुळे कोष्टकामागील साऱ्या तार्किक अधिष्ठा-नालाच धक्का पोहोचला. हे खरे की मेंदेलेयेवच्या कोष्टकातील मुख्य उपगट व दुय्यम उपगट यामध्ये एकसारखी मूलद्रव्ये आहेत पण सेरिअमचा झिर्कोनि-अमशी समानधर्मी असा कोणताही गुणधर्म नाही, प्रेसिओडिमीअम आणि निओ-डिमिअम हे निओबिअम आणि मॉलिब्डेनम यांच्याची पूर्णतया अपरिचित ठरतात.

इतरही दुर्मिळ मृद्धातूनाही (हे या चौदा भावंडांचे ऊर्फ लँथानाइडांचे सर्वसाधारण नाव आहे) संबंधित गटांमध्ये 'नातेवाईक' सापडत नाहीत.

रसायज्ञाना जेव्हा विचारले गेले की या लँथानाईडाना कोणत्या खोलीत ठेवावयाचे तेव्हा त्यानी गोंधळलेल्या स्थितीत मौन स्वीकारले. तसे करणार नाहीत तर दुसरे काय करणार? लँथानाईडांमध्ये एवढे विलक्षण सादृश्य कोणत्या कारणानी निर्माण झाले हे त्यांचे त्यानाच कुठे माहीत होते?

तथापि, आश्चर्य वाटण्याजोगी परिस्थिती ही की या साऱ्याचे स्पष्टीकरण मात्र फारच साधेसोपे होते.

आवर्ती सारणीत मूलद्रव्यांचे असे काही वैचित्र्यपूर्ण गट आहेत की ज्यांच्या अणूंची घटना अगदी विशेष प्रकारची म्हणावी लागेल. या अणूंच्या उभारणीत जो अखेरचा इलेक्ट्रॉन मिळविला जातो तो त्यांच्या अगदी बाहेरच्या कक्षेत, किंबहुना त्यांच्या शेवटून दुसऱ्या कक्षेतही स्थिर होत नाही तर थेट शेवटून तिसऱ्या कक्षेत घुसतो, आणि हे त्याचे वागणे भौतिकशास्त्राच्या काटेकोर नियमांशी सुसंगतच असते. त्या ठिकाणी राहणे या इलेक्ट्रॉनला फारच सोयीचे ठरते आणि कोणत्याच परिस्थितीत या जागेचा त्याग करण्यास तो राजी नसतो. अगदी क्वचित्प्रसंगीच ही मूलद्रव्ये रासायनिक प्रक्रियात भाग घेतात. या सर्व लँथानाइडांच्या बाह्य कक्षेत तीन इलेक्ट्रॉन असल्यामुळे ते सारे त्रिसंयुजी ठरतात व नियमानुसार तसेच हवेत. तसेच या लँथानाइडांची एकूण संख्या चौदा भरते हा काही निव्वळ योगायोगही नाही. त्यांच्या अणूंच्या शेवटून तिसऱ्या कक्षेत नेमक्या चौदाच जागा आहेत.

म्हणूनच रसायज्ञाना, ही सारी लँथानाइडे, लँथॅनमसह एकाच जागेत ठेवणे शक्य झाले.

धातूंचे जग आणि त्यातील विरोधाभास

आवर्ती पद्धतीतील ८० हून जास्त मूलद्रव्ये धातु आहेत. अधातूंपेक्षा त्यांचे एकमेकात अधिक साधर्म्य आहे. तरीसुद्धा, धातुजगतात आश्चर्यवाटण्याजोग्या प्रकाराना अंत नाही.

धातुशास्त्रज्ञ, लोह आणि अलोह अशा दोन गटात सर्व धातूंची वर्गवारी करतात. लोह-धातुगटात खुद्द लोह ऊर्फ आयर्न व त्यधधांचे मिश्रधातु येतात आणि अलोह धातुगटात, या साऱ्यांचे जणू राजेच असे सोने, रूपे व प्लॅटिनम-समूह वळगता इतर सारे धातु येतात.

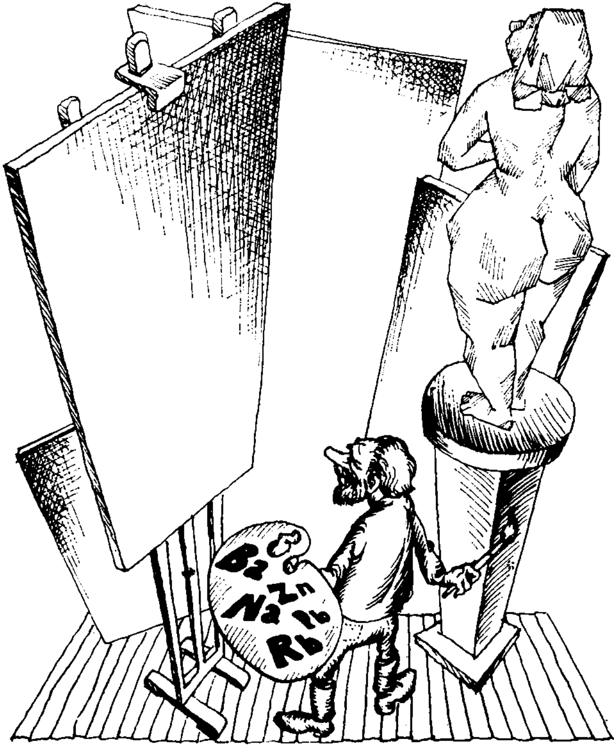
खरे तर ही फारच ढोबळ विभागणी झाली. अशा या सापत्नभावी वर्गवारीस खुद्द धातुंचासुद्धा तीव्र आक्षेप आहे.

प्रत्यक्षात प्रत्येक धातूस खास त्याचीच अशी विशिष्ठ रंगच्छटा असते. त्यांच्या काळसर, मंद किंवा रूपेरी अंगास निश्चित असा फिक्कट रंग जरूर असतो. अगदी शुद्धस्वरूपी धातूंच्या अभ्यासातून शास्त्रज्ञांच्या हे उत्तम प्रकारे नजरेस आले आहे. अशा रंगच्छटा नेहमी आढळत नाहीत, याचे कारण असे की पुष्कळसे धातु हवेत उघडे पडले असता त्यावर ऑक्साईडचा सूक्ष्म पापुद्रा चढतो व त्यामुळे मूळ रंग झाकला जातो. शुद्ध स्वरूपातील धातु मात्र रंगाचे विस्तृत प्रकार दाखवितात. तयार डोळयास धातूंच्या निळसर, हिरवटनिळी, हिरवट छटा, त्यामध्ये लालसर किंवा पिवळसर छटेची झाक, ढगाळ हवेतील समुद्राप्रमाणे काळपट करड्या आणि आरशाप्रमाणे प्रकाशपरावर्तक अशा चमचमत्या रूपेरी रंगच्छटांची चांगली जाण असते.

धातूंचा रंग अनेक गोष्टींवर अवलंबून असतो. तो कोणत्या पद्धतीने मिळविला गेला हा त्यापैकी एक मुद्दा होय. उदाहरणार्थ, सिंटरीकरण आणि पाटाच्या किंवा धातुशीलांच्या स्वरूपात ओतणे अशा दोन प्रकारे मिळविण्यात आलेल्या एकाच धातूचे बाह्यांग भिन्न छटांचे असते.

वजनानुसार धातूंची वर्गवारी केली तर हलके, मध्यमजड आणि अतिजड असे त्यांचे गट पडतात. या प्रत्येक वर्गात उच्चांक करणारे धातु आहेतच.

लिथिअम, सोडिअम आणि पोटॅशिअम हे धातु पाण्यात बुडत नाहीत, कारण ते पाण्यापेक्षा हलके आहेत. पाण्याची घनता एक असून लिथियमची त्यामानाने जवळजवळ निम्मी भरते. जर लिथिअम रासायनिक दृष्ट्या क्रियाशील नसते तर त्याचा अनेक क्षेत्रात उत्कृष्ठ प्रकारे उपयोग झाला असता. लिथिअमचे



जहाज कधीच बुडले नसते किंवा लिथिअमची हलकी मोटार कमी इंधनात जास्त पळाली असती. पण रसायज्ञाना ही कल्पना मंजूर नाही.

वजनाच्या क्षेत्रात साऱ्या धातूंमध्ये ओस्मिअमला अग्रस्थान आहे. या पांढ-रपेशा धातूच्या एका धन सें. मी. ठोकळयाचे वजन २२.६ ग्रॅम भरते. ते तोलण्यास तांब्याचे तीन, शिशाचे दोन किंवा इटरबिअमचे चार असे तेवढचाच आकारातील ठोकळे हवेत. ओस्मिअमच्या अगदी नजिकच्या शेजाऱ्यांचे ऊर्फ

प्लॅटिनम आणि इरिडिअमचे जवळजवळ तेवढेच उच्चांक आहेत. श्रेष्ठ समजले जाणारे सोनेरूपे इत्यादी धातुही अत्यधिक वजनदार आहेत.

धातूंची कठीणता तर अगदी वाक्प्रचारांमध्ये आलेली आहे. एखाद्या बलाढ्य, निर्भय पुरुषास 'लोहपुरुष' असे म्हणण्याचा प्रघात आहे. पण धातूंच्या जगात मात्र वेगळीच परिस्थिती आढळते.

लोखंडास कठीणतेचे प्रतीक कुणीच समजणार नाही. कठीणतेत सर्वश्रेष्ठत्याचा मान क्रोमिअमकडे जात असून हिऱ्यापेक्षा ती किंचितशीच कमी भरते. जाता जाता एक विरोधाभासी वस्तुस्थिती अशी की धातूंसह सर्व पदार्थांत सर्वश्रेष्ठतेचा मान धातुंऐवजी अधातूंकडे म्हणजे हिऱ्याकडे व त्या खालोखाल स्फटिकरूप बोरॉनकडे जातो. या तुलनेने लोखंडाची गणना "मृदु धातु" म्हणूनच करावयास हवी. क्रोमिअमपेक्षा ते निम्म्याने कठीण असते. अल्क धातु विचारात घेतले तर ते मऊ मेणच ठरतात.

द्रवरूप धातु आणि वायुरूप (?) धातु

सारे धातु घनरूप आणि मृदु किंवा कठीण आहेत. निदान तसा सर्वसामान्य नियम आहे. पण प्रत्येक नियमास अपवाद असतोच, नव्हे अपवादानेच नियम सिद्ध होतो.

काही धातु कमीअधिक स्वरूपात द्रवरूपच म्हटले पाहिजेत. गॅलिअम किंवा सेसिअम धातूचा तुकडा तळहातावर वितळेल, त्यांचा उत्कलनबिंदू फक्त ३० अंश सें. भरतो (८६ अंश फॅ. हा.). फ्रांसिअम अद्यापी शुद्धावस्थेत मिळविण्यात आलेले नाही. पण हा धातु घरातील तपमानास वितळतो. प्रत्येकास ठाऊक असणारा मर्क्यूरी ऊर्फ पारा हा धातु म्हणजे द्रवरूप धातूचे उत्कृष्ठ उदाहरण होय. तो उणे ३९ अंश से. तपमानास गोठतो. याच वैशिष्ट्यामुळे त्याचा विविध प्रकारच्या तापमापकात वापर होतो. या बाबतीत गॅलिअम हा धातु म्हणजे मर्क्युरीचा मोठाच स्पर्धक म्हटला पाहिजे. त्याचे कारण असे:

मर्क्यूरीचा उत्कलनांक तुलनात्मकदृष्टया खूपच कमी म्हणजे सुमारे ३०० अंश सें. (५७२ अंश फॅ. हा.) आहे. यामुळे उच्च तपमान मोजण्याच्या कामी मर्क्युरी कुचकामी ठरतो. पण गॅलिअमचे वाफेत रूपांतर करण्यास २००० अंश सें. (३६७० फॅ. हा) तपमानाची जरूरी असते. उत्कलन आणि गोठणबिंदूत एवढी तफावत म्हणजेच द्रवरूपात दीर्घकाळ टिकणारा दुसरा कोणताही धातु अस्तित्वात नाही. उच्च तपमानाची मोजदाद करण्यासाठी गॅलिअमचे तापमापक श्रेष्ठ ठरल्यास नवल नाही.

आणखी एक सांगण्याजोगी मोठी विलक्षण गोष्ट आहे. शास्त्रज्ञानी तात्त्विक-दृष्टया असे सिद्ध केले आहे की मर्क्युरीशी मोठ्या प्रमाणात मिळताजुळता असा जर काही प्रकार म्हणजे मूलद्रव्य अस्तित्वात असेल (फार मोठ्या अणु अंकाचा आणि कल्पित अशा सातव्या मजल्याचा – आठव्या गटातील – रहिवाशी, पण पृथ्वीवर अज्ञात असणारा) तर सर्वसाधारण परिस्थितीत त्याची नैसर्गिक अवस्था वायुरूप असेल! धातूंचे गुणधर्म असणारा एक वायु!! या अशा अद्वितीय मूलद्रव्याचा अभ्यास करण्याची संधी कधीकाळी शास्त्रज्ञाना मिळेल काय?



आगकाडीच्या ज्वालेत शिशाची तार वितळते. कथलाचा पत्रा आगीत फेकताच वितळून गोळीबंद होतो. पण टंगस्टन, टँटालम किंवा ऱ्हेनिअम वितळ-विण्यास ३००० अंश सें. पेक्षाही (सुमारे ५५०० अंश फॅ. हा.) जास्त तपमानाची जरूरी असते. इतर कोणत्याही धातुपेक्षा हे धातु वितळविण्यास मोठे कठीण जातात. म्हणूनच झगझगत्या विद्युत्‌दीपातील तारेसाठी टंगस्टन व ऱ्हेनि-अम वापरले जाते. इतर काही धातूंचे उत्कलनांक खरोखरीच जबरदस्त म्हटले

पाहिजेत. उदाहरणार्थ, हाफ्निअम ५४०० अंश सें. (जवळजवळ ९८०० अंश फॅ. हा.) तपमानास उकळू लागते. सूर्याच्या पृष्ठभागाचेच जणू हे तपमान म्हटले पाहिजे.

अपूर्व संयुगे

माणसाने सहेतुकपणे तयार केलेले अगदी पहिले रासायनिक संयुग कोणते असावे?

या प्रश्नाचे विज्ञानेतिहास निश्चित असे उत्तर देणे शक्य नाही.

या मुद्यावर काही गोष्ट गृहित धरण्याचे थोडे स्वातंत्र्य घेऊ या. असे समजण्यास कोणतीच हरकत नसावी की आपणास काय पाहिजे हे समजण्या-पूर्वीच माणसाने तयार केलेला असा पहिला पदार्थ म्हणजे तांबे आणि कथील (टिन) या दोन धातूंचे संयुग होय. 'रासायनिक' हा शब्द आम्ही बुद्धि-पुरस्सर टाळला आहे, कारण तांबे आणि कथिलाचे संयुग (ज्यास कासे ऊर्फ ब्रॉंझ म्हणतात) हे बरेचसे असामान्य स्वरूपाचे आहे, त्यास मिश्रधातु असे म्हटले जाते.

आपले पूर्वज प्रथम खनिजापासून धातू वेगळा करण्यास – विगालन करण्यास – शिकले आणि त्यांनंतर त्यांचे एकीकरण करण्यास शिकले.

याप्रमाणे मानवी संस्कृतीच्या पहाटे एका नव्या शास्त्रशाखेची बीजे रूजली. आज या शास्त्रशाखेस धातु-रसायनशास्त्र असे म्हटले जाते. धातूंच्या आणि अधातूंच्या संयुगांची संरचना ही त्यातील मूलद्रव्यांच्या संयुजतेवर अवलंबून असते. उदाहरणार्थ, मिठाच्या अणूमध्ये धनभारित एकसंयुजी सोडियम आणि ऋणभारित एकसंयुजी क्लोरीन असते. अमोनियाच्या अणूमध्ये (NH_3) ऋणभारित त्रिसंयुजी नायट्रोजन धनभारित एकसंयुजी अशा तीन हायड्रोजन-अणूंशी जोडलेला असतो. पण धातूंची एकमेकांशी होणारी रासायनिक संयुगे (ज्याना आंतरधात्वीय संयुगे असे म्हटले जाते) हा संयुजतेचा नियम सहसा पाळीत नाहीत आणि त्यांची

घटना प्रक्रिया पावणाऱ्या धातूंच्या सायुजेशी कोणताच संबंध दाखवित नाही. म्हणूनच या आंतरधात्वीय संयुगांची सूत्रे काहीशी चमत्कारिक दिसतात, उदाहरणार्थ $MgZn_5$, KCd_7, $NaZn_{12}$ असे त्यांचे स्वरूप असते. धातूंच्या एकाच जोडीमार्फत अनेक भिन्न प्रकारची आंतरधात्वीय संयुगे तयार होत असल्याचे अनेकदा पहावयास मिळते. उदाहरणार्थ, कथील आणि सोडियमपासून नऊ वेगवेगळी संयुगे तयार होतात.

धातु जेव्हा वितळलेल्या स्थितीत असतात तेव्हा एकमेकांशी प्रक्रिया पावतात. हा झाला नियम, पण धातु जरी वितळलेल्या स्थितीत एकत्र आले तरी नेहमीच काही त्यामुळे रासायनिक संयुगे तयार होत नाहीत. काही वेळा एक धातु दुसऱ्या धातूत फक्त विरघळून जातो. तसे झाल्यास पुष्कळदा सम स्वरूपाचे व अनिश्चित घटनेचे मिश्रण तयार होते आणि त्यांचे स्वरूप कोणत्याच रासायनिक सूत्राद्वारे व्यक्त करता येत नाही. अशा मिश्रणास घन विद्राव असे म्हटले जाते.

मिश्रधातूंची संख्या प्रचंड आहे. पूर्वपार माहीत असलेले किती व कोणकोणते प्रकार निर्मिता येतील याचा केवळ अंदाज घेण्याचाही कोणीच प्रयत्न केला नाही. कार्बनी संयुगांप्रमाणे त्याचाही आकडा बहुधा लाखोंच्या घरात जाईल.

काही असे मिश्रधातु आहेत की ज्यामध्ये दहाबारा धातु अंतर्भूत झालेले असतात. प्रत्येक नव्या धातूच्या अंतर्भावामुळे त्या मिश्रधातूच्या विशिष्ट गुणधर्मांवर कोणता ना कोणता तरी प्रभाव पडतोच. ज्यामध्ये दोनच धातूंचाच अंतर्भाव आहे असे अनेक मिश्रधातु असून त्याना द्विधातुक असे म्हटले जाते. तथापि, कोणत्या प्रमाणात हे दोन घटक आहेत त्यावर या मिश्रधातूंचे गुणधर्म अवलंबून असतात. काही धातु अगदी सहजगत्या आणि कोणत्याही प्रमाणात एकत्रित होतात. तांबे आणि जस्तापासून तयार होणारे ब्रास ऊर्फ पितळ आणि तांबे व कथिलापासून तयार होणारे ब्रॉंझ ऊर्फ कासे ही मिश्रधातु-मालिका या प्रकारची आहे. याउलट, तांबे आणि टंगस्टन हे धातू कोणत्याही परिस्थितीत एकीकरणास मनस्वी नाराज असतात. तरीपण, त्यापासून मिश्रधातु तयार करण्यात शास्त्रज्ञानी यश मिळविलेच आहे आणि त्यासाठी हे धातु चूर्णरूपात मिसळून त्यावर

खूप दाब दिला गेला. या प्रकारे त्यांचे एकीकरण करून मिश्रधातु तयार करण्यात आला. या तंत्रास चूर्णधातुशास्त्र अथवा सिंटरीकरण अशी संज्ञा आहे.

काही मिश्रधातु घरगुती तपमानात द्रवरूप असतात तर काही उच्च तपमानासही दाद देत नाहीत. हा दुसरा प्रकार अवकाश अभियांत्रिकीत आजकाल मोठ्या प्रमाणात वापरला जातो. जाता जाता सांगावयाची गोष्ट ही की काही मिश्रधातु जहालातल्या जहाल रसायनाना दाद देत नाहीत तर काही अगदी हिऱ्याप्रमाणे कठीण असतात...

रसायनशास्त्रातील पहिले "इलेक्ट्रॉनिक गणकयंत्र"

इलेक्ट्रॉनिक गणकयंत्रे विविध प्रकारची कामे लीलया करू शकतात. त्याना बुद्धिबळे खेळण्यास शिकविता येते, हवामानाचा अंदाज वर्तविण्याचे काम सांगितले जाते, दूरवरच्या ताऱ्यांच्या अंतरंगात काय घडामोडी चालू आहेत ते शोधण्याचे काम दिले जाते, कल्पनातीत अवघड अशी आकडेमोड करून घेतली जाते. या साऱ्या कामांचे त्याना कार्यक्रमण कसे द्यावयाचे हे मात्र चांगले माहीत हवे. अशा या गणकयंत्रांचा रसायनशास्त्राच्या क्षेत्रात वाढता उपयोग होत आहे. त्यांच्या सहाय्याने मोठमोठी उत्पादनकेंद्रे चालविली जातात. अनेक नव्या प्रक्रियांचा प्रत्यक्ष उत्पादनकार्यात उपयोग करण्यापूर्वी संशोधक गणकयंत्राच्या सहाय्याने त्यातील लहानमोठे टप्पे प्रथम जाणून घेतात आणि मगच उपयोगात आणतात.

तथापि, इलेक्ट्रॉनिक गणकयंत्र ही संज्ञा प्रचारात येण्यापूर्वी सुमारे शंभरएक वर्षांपूर्वीच शोधण्यात आलेले एक काहीसे असामान्य स्वरूपाचे "इलेक्ट्रॉनिक गणकयंत्र" शास्त्रज्ञांच्या सेवेत होते.

मूलद्रव्यांची आवर्ती पद्धती असे त्या असामान्य यंत्राचे नाव आहे. त्याच्या सहाय्याने, अगदी धाडसी संशोधकसुद्धा हात घालणार नाही अशा गोष्टी करण्यास शास्त्रज्ञाना आत्मविश्वास आला. जी मूलद्रव्ये माहीतही झालेली नव्हती आणि प्रयोगशाळांतून ज्यांच्या संशोधनाचा श्रीगणेशाही गिरविण्यात आला नव्हता

तर ते मूलद्रव्य अधातु आहे की धातु आहे, शिशाप्रमाणे जड असेल की सोडि-यमप्रमाणे हलके असेल आणि पृथ्वीवरील कोणत्या प्रकारच्या मातीत अथवा खनिजात ते सापडू शकेल याचीही रूपरेखा ठरविणे शक्य झाले. या साऱ्यांचा उलगडा करण्यास मेंदेलेयेवने शोधलेले "इलेक्ट्रॉनिक गणकयंत्र" चांगलेच उपयुक्त ठरले.

१८७५ मध्ये फ्रेंच शास्त्रज्ञ पॉल एमिली लीकॉक द बॉइस्‌बॉड्रन याने एक महत्त्वपूर्ण अहवाल सादर केला. त्याला जस्ताच्या खनिजात अगदीच क्षुल्लक प्रमाणात एका वेगळयाच अशुद्ध द्रव्याचे अस्तित्व आढळले. बॉइस्‌बॉड्रन मोठा अनुभवी संशोधक असल्यामुळे लगेच त्याने या अशुद्ध द्रव्याचे गुणधर्म तपासले आणि त्यात आढळलेल्या गॅलिअमचे (हे नाव त्या नव्या मूलद्रव्यास दिले गेले) सर्वांगिण स्वरूप विशद करणारा एक निबंध प्रसिद्ध केला.

काही दिवसानी त्यास एक पत्र आले. त्यावर सेंट पीटर्सबर्गचा शिक्का होता. पत्रामध्ये, त्या फ्रेंच रसायज्ञाच्या साऱ्या मुद्यांशी सहमत असल्याचे पत्रले-खकाने सांगितले होते. फक्त एकाच मुद्याबाबत मतभेद व्यक्त केला होता: गॅलिअमचे विशिष्ठ गुरूत्व ४.७ ऐवजी ५.९ असावयास पाहिजे असे म्हटले होते. पत्राखाली सही होती: डी. मेंदेलेयेव.

बॉइसबॉड्रन गोंधळात पडला. रसायनशास्त्रातील त्या रशियन महारथीने नव्या मूलद्रव्याचे अस्तित्व आपल्या अगोदरच तर दाखवून दिले नसावे?

तसा प्रकार नव्हता. मेंदेलेयेवपाशी गॅलिअम मुळीच नव्हते. पण त्याने आवर्ती पद्धतीचा मोठा कौशल्याने वापर केला. मेंदेलेयेव फार पूर्वीपासूनच जाणून होता की आज ना उद्या एका अज्ञात मूलद्रव्याचे अस्तित्व नक्कीच उजेडात येणार आणि ते, आज त्याच्या कोष्टकात गॅलिअमने जी जागा घेतली आहे ती घेणार. त्या अज्ञात मूलद्रव्यास एका-ॲल्युमिनिअम असे त्याने तात्पुरते नाव दिले होते आणि कोष्टकाच्या आजूबाजूच्या मूलद्रव्यांचे गुणधर्म लक्षात घेऊन या एका-ॲल्युमिनिअमचे रासायनिक स्वरूप त्याने अचूकपणे व्यक्त केले.

एकूण, गणकयंत्राकडून इच्छित काम करून घेण्यासाठी त्यास आज्ञावली देणारा मेंदेलेयेव हा पहिला रसायनशास्त्रीय अभियंता ठरला तर! त्या वेळी अज्ञात असणाऱ्या दहाबारा मूलद्रव्यांचे भविष्य त्याने अगोदरच वर्तविले होते आणि कमीअधिक प्रमाणात त्यांचे गुणधर्मही सांगितले. ही पहा त्यांची आजची नावे : स्कँडिअम, जर्मानिअम, पोलोनिअम, अॅस्टॅटाइन, हाफ्निअम, फ्रांसिअम, रेडिअम, अॅक्टिनिअम आणि प्रोटॅक्टिनिअम. यापैकी बऱ्याचशा मूलद्रव्यांचा प्रत्यक्ष शोध १९२५ च्या आसपास लागला आहे.

"इलेक्ट्रॉनिक गणकयंत्रा"ची अगतिकता!

आपल्या या विसाव्या शतकात भौतिक व रसायनशास्त्राने प्रचंड प्रगती केली आहे. मानवजातीच्या साऱ्या इतिहासातील एकूण शोधांच्या तुलनेने केवळ या दोन शतकातच अधिक शोध लागले आहेत.

पण नव्या मूलद्रव्यांच्या शोधांची साखळी अचानक खंडित झाली. आवर्ती सारणीत भरावयाच्या अनेक जागा रिकाम्याच राहिल्या. अणुअंक ४३, ६१, ८५ व ८७ असणाऱ्या मूलद्रव्यांच्या या जागा होत्या.

आवर्ती सारणीतील आपापल्या योग्य जागा स्वीकारण्यास सरळ नकार देणारी अशी ही कोणती चमत्कारिक मूलद्रव्ये होती?

अपरिचित क्र. १-सातव्या गटातील अणुअंक ४३ असणारे मँगॅनीज आणि ऱ्हेनियम यांच्या मधोमध जागा असणारे व या मूलद्रव्यांशी मिळतेजुळते असेच गुणधर्म असणारे मूलद्रव्य. मँगॅनीजच्या खनिजात बहुधा सापडणार.

अपरिचित क्र. २-दुर्मिळ मृद्धातूंचा सहचारी व त्या मूलद्रव्यांच्या सर्व बाबतीत मिळतेजुळते गुणधर्म दाखविणारे अणुअंक ६१ असणारे मूलद्रव्य.

अपरिचित क्र. ३-सर्वात वजनदार हॅलोजेन, आयोडिनचा वडील भाऊ. त्याचे गुणधर्म धातूप्रमाणेच पण खूपसे अस्पष्ट असणार यामुळे रसायज्ञांच्या मनात मोठे आश्चर्य निर्माण होणे शक्य. हॅलोजेन, पण तरीही धातु-दुरंगी स्वरूपाचे

हे केवढे आगळे उदाहरण ठरेल! विशाल घरातील खोली क्र. ८५ त्याच्या स्वागतार्थ सजविली आहे...

अपरिचित क्र. ४ – हे तर फारच मनोरंजक मूलद्रव्य ठरेल. अत्यंत जहाल, विध्वंसक, अत्यंत क्रियाशील धातु आणि हातात धरताच वितळणारे. अल्क धातूंमध्ये अत्यधिक वजनदार, त्याचा अणु अंक आहे ८७.

या सर्व अपरिचितांबाबत शास्त्रज्ञानी सखोल माहिती जमविली. शेरलॉक होम्स या गाजलेल्या गुप्तचराची अशी ख्याती होती की गुन्हेगाराने ओढलेल्या सिगरेटची राख किंवा त्याच्या बुटास लागलेली नखभर माती गुन्हेगाराचा शोध लावण्यास त्याला पुरेशी असे. पण रसायनशास्त्रज्ञानी या अपरिचित मूलद्रव्यांचे कणभर अस्तित्व शोधण्यासाठी ज्या सूक्ष्म पद्धती आत्मसात केल्या त्यापुढे होम्स-च्या पद्धतींचा मुळीसुद्धा प्रभाव पडणार नाही.

हा डोकेबाज गुप्तचर नेहमीच नशिबवान ठरला पण रसायज्ञांचे या अपरिचि-ताना शोधून त्याना त्यांच्या जागेत ठेवण्याचे सारे प्रयत्न मात्र व्यर्थ ठरले. या अपरिचितांचा कानाकोपऱ्यात शोध घेतला गेला. अगदी सिगरेटच्या राखेपासून ते झाडाझुडुपांच्या अवशेषात, अगदी दुर्मिळ आणि विचित्र खनिजांपासून ते वस्तु-संग्रहालयातील नमुन्यांमध्ये, नदीनाले आणि महासागरांच्या पाण्यामध्येही शोध घेतला, पण व्यर्थ!

गुन्ह्याचा शोध घेणाऱ्यांच्या भाषेत या प्रकारास "रासायनिक मूलद्रव्ये ४३, ६१, ८५ व ८७ यांच्या गूढपणे नाहीसे होण्याचे प्रकरण!", "संशोधकाना नाउमेद करणारा प्रकार" अशी खुमासदार शीर्षके लाभतील.

या ग्रहावर अस्तित्वात असणाऱ्या मूलद्रव्यांच्या यादीतून काही पदार्थ वगळून टाकण्याचा डाव तर निसर्ग खेळत नव्हता ना? हा निसर्गाचा आणखी एक अगम्य लहरीपणा तर नसावा?

हा सारा प्रकार खरोखरीच जादूप्रमाणेच वाटत होता. शास्त्रज्ञांच्या मते निसर्गात चमत्काराना जागा नाही, पण कोणत्या तरी अज्ञात कारणांमुळे या विशाल घरातील चार खोल्या रिकाम्याच होत्या, ही वस्तुस्थिती होती.

त्या केव्हा भरल्या गेल्या ? पुढे जेव्हा शास्त्रज्ञ मूलद्रव्ये कृत्रिमरित्या तयार करण्यास शिकले तेव्हाच !

एका मूलद्रव्याचे दुसऱ्यात रूपांतर !

आपल्या अवतीभोवती असंख्य रासायनिक क्रिया अखंडपणे घडत असतात. इलेक्ट्रॉनयुक्त कक्षांबाबत जे रसायनशास्त्र आहे त्याच्या नियमानुसार त्या घडत असतात. एखादा अणु इलेक्ट्रॉन स्वीकृत करेल किंवा गमावेल आणि मग तो ऋणभारित किंवा धनभारित आयन होईल. एक अणु शेकडो नव्हे हजारोंशी संयोगित होईल, परिणामी एक वृद्ध अणु निर्माण होईल. पण ज्या मूलद्रव्याचा तो अणु असेल त्याचेच गुणधर्म तो व्यक्त करणार. कार्बनची तीस लाखाहून आधिक संयुगे आहेत, मग ते कार्बन डायॉक्साइड CO_2 असो किंवा अत्यंत गुंतागुंतीच्या रचनेचे प्रतिजैविक असो. त्यातील कार्बन हा कार्बनच राहणार.

एका मूलद्रव्याचे दुसऱ्या मूलद्रव्यात रूपांतर होऊ शकते व त्यांमध्ये ज्यायोगे भार बदलेल अशा प्रकारे अणुकेंद्रकांची पुनर्रचना अंतर्भूत आहे.

रासायनिक प्रक्रिया घडून याव्यात म्हणून रसायज्ञ उच्च तपमान आणि दाब तसेच प्रक्रिया वेगाने घडवून आणणारे उत्प्रेरक पदार्थ वापरतात.

तथापि, हजारो अंशाचे तपमान आणि वातावरणाच्या कित्येक पट दाब यामुळे अणुकेंद्रकाची रचना काही बदलता येत नाही. अशा प्रकारे एका मूलद्रव्याचे दुसऱ्यात रूपांतर करता येत नाही.

पण केंद्रक-रसायनशास्त्र या नव्या शास्त्रशाखेतील पद्धतीनी मात्र ते शक्य करून दाखविले आहे. या शास्त्रातील 'तपमान आणि दाब' म्हणजे प्रोटॉन व न्यूट्रॉन, जड हायड्रोजनच्या समस्थानिकांची केंद्रके, हेलिअम अणूंची केंद्रके (आल्फा-कण) आणि मेंदेलेयेवच्या सारणीतील बोरॉन आणि ऑक्सिजन, निऑन आणि अर्गॉन या हलक्या मूलद्रव्यांचे आयन हे होत. त्यातील रासायनिक यंत्रसामग्री म्हणजे भडिमार करू शकणाऱ्या अशा विशिष्ट कणांची निर्मिती

करणाऱ्या अणुभट्टचा आणि कणाना कल्पनातीत गती देणारे अणु प्रवेगक. अणुकेंद्रकात घुसण्यासाठी क्षेपणास्त्रस्वरूपी कणांची ऊर्जा फार मोठ्या प्रमाणात असणे जरूर असते (विशेषत: कण जर धनभारयुक्त असतील तर तशी खास जरूरी असते.). यामुळे केंद्रकाच्या भाराची दूर लोटण्याची जी प्रवृत्ती असते तीवर मात करणे शक्य होते. अशा या केंद्रकीय रसायनशास्त्राची स्वत:ची अशी चिन्ह-पद्धती आहे खरी पण त्यातील प्रक्रियांची समीकरणे ही 'नेहमीच्या' रासायनिक समीकरणाप्रमाणेच असतात.

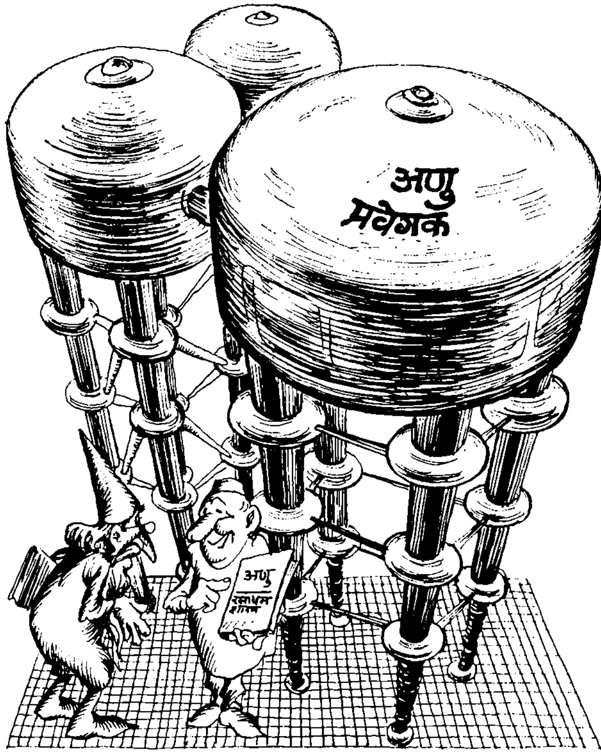
मेंदेलेयेवच्या सारणीतील रिकाम्या जागा पुढे भरल्या गेल्या त्या केवळ केंद्रकीय रसायनशास्त्राच्या मदतीमुळेच.

अशा प्रकारे माणसाने जेव्हा कृत्रिमरित्या पाहिले मूलद्रव्य तयार केले तेव्हा त्याच्या नावात 'टेक्निटॉस' (म्हणजे कृत्रिम) हा ग्रीक शब्द अंतर्भूत झाला. (या नव्या मूलद्रव्यास टेक्निशिअम असे नाव मिळाले.)

१९३६ च्या अखेरीस घडलेली ही घटना आहे. एका सायक्लोट्रॉनमध्ये वेगवान अशा ड्यूटेरॉनची शलका प्रवेगित झाली व ती मॉलिब्डेनमच्या पट्टीवर आदळली. लोण्यात घुसणाऱ्या सुरीच्या सहजतेने हे प्रवेगित ड्यूटेरॉन कवचांमधून आरपार गेले व केंद्रकाशी पोहोचले. ते जेव्हा केंद्रकावर आदळले तेव्हा प्रत्येक ड्यूटेरॉनमधील मूळचे प्रोटॉन आणि न्यूट्रॉन विभाजित होऊन वेगळे झाले. न्यूट्रॉन विशिष्ट कोनातून परावर्तित झाला आणि प्रोटॉनला त्या केंद्रकाने 'गिळंकृत' केले. साहजिकच केंद्रकीय भार एकाने वाढला आणि खोली क्र. ४२ मध्ये असणाऱ्या मॉलिब्डेनमचे, उजवीकडील शेजारच्याच खोली क्र. ४३ मध्ये राहणाऱ्या टेक्निशिअम या मूलद्रव्यात रूपांतर झाले!

आपल्या नेहमीच्या रसायनशास्त्रात आपण पाहतोच की ठराविक संयुगाची निर्मिती वेगवेगळ्या मार्गांनी करणे शक्य असते. असाच प्रकार केंद्रकीय रसायनशास्त्रातही असून तेच ते मूलद्रव्य वेगवेगळ्या प्रक्रियांमधून कृत्रिमरित्या मिळविता येते.

जगातील सर्वात आश्चर्यजनक अशा कारखान्यातून कित्येक किलोग्रॅम टेक्नि-



शिअम तयार करण्याचे तंत्र लोकानी आत्मसात केले. या कारखान्याचे नाव आहे अणुभट्टी! या ठिकाणी, युरेनिअमच्या केंद्रकांचे विभागन मंदगतीच्या न्यूट्रॉनच्या सहाय्याने करून ऊर्जानिर्मिती साधली जाते.

युरेनिअमचे केंद्रक वेगवेगळया खंडात विभागित होतात, प्रत्येक केंद्रक दोन खंड निर्माण करतो. मेंदेलेयेवच्या सारणीच्या मध्यभागी जी मूलद्रव्ये आहेत त्यांचे हे अणु-केंद्रक असतात. युरेनिअमच्या विदलनातून, आवर्ती सारणीतील

३० पेक्षा जास्त म्हणजे क्रमांक ३० पासून ६० पर्यंत जागा घेणारी मूलद्रव्ये अस्तित्वात येतात. त्यामध्ये टेक्निशिअम तर आलेच, शिवाय, कित्येक दशकां-पर्यंत ज्या मूलद्रव्याचा पृथ्वीच्या स्तरात व्यर्थ शोध घेतला गेला ते प्रोमेथिअम हे खोलीक्रमांक ६१ मध्ये असणारे मूलद्रव्यही आहे.

केंद्रकीय रसायनशास्त्रामुळे रसायज्ञाना युरेनिअमपेक्षाही वजनदार मूलद्रव्ये मिळाली. युरेनिअमच्या केंद्रकाच्या विभागनातून जसे वेगवेगळे खंड तयार होतात तसेच मोठ्या संख्येत न्यूट्रॉनही अस्तित्वात येतात आणि ते अ-विभागित केंद्रकां-तर्फे स्वीकारले जाणे शक्य असते. यामुळेच अणुअक ९३, ९४... आणि इतर, युरेनिअमच्या पलीकडची (युरेनिअमोत्तर) मूलद्रव्ये संश्लेषित करणे शक्य झाले.

ही मूलद्रव्ये निर्माण करण्याच्या अनेक पद्धती केंद्रकीय रसायनशास्त्रास ठाऊक आहेत. आजपावेतो पुढील १२ युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्ये माहीत झालेली आहेत: नेप्च्यूनिअम, प्लूतोनिअम, अमेरिसिअम, क्यूरिअम, बर्केलिअम, कॅलिफोर्निअम, आइनस्टेनिअम, फर्मीअम, मेंदेलेविअम, लॉरेन्सिअम आणि कुर्चाटोव्हिअम. शेवटचे मूलद्रव्य अगदी अलिकडेच (१९६४ मध्ये) संश्लेषित करण्यात आले असून ते, युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्यातील सर्वात वजनदार ठरते. पी. फ्लेरव्ह यांच्या नेतृत्वाखालील सोविएत भौतिकशास्त्रज्ञांच्या गटाने ते तयार केले. अणु अंक १०२ असणाऱ्या मूलद्रव्याचे नामकरण अद्यापी झालेले नाही.

कल्पना करा की कामगारानी सायंकाळपर्यंत नव्या मजल्याच्या विटा रचलेल्या आहेत पण दुसऱ्या दिवशी त्या साऱ्या विस्कळित झाल्याचे दृष्टोत्प-त्तीस आले तर? वजनदार अशा युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्यांचे रासायनिक गुणधर्म तपासणाऱ्या संशोधकांची अगदी हीच अवस्था आहे. ही मूलद्रव्ये एवढी अस्थिर असतात की त्यांचे आयुष्य काही मिनिटे किंवा सेकंदांचेच असते. इतर सर्वसा-धारण मूलद्रव्यांच्या बाबतीत रसायज्ञाना वेळेचे बंधन मुळीच नसते. पण जेव्हा ते या अल्पायुषी, विशेषत: युरेनिअमोत्तर अल्पजीवी मूलद्रव्यांवर संशोधन कर करतात तेव्हा प्रत्येक क्षण हा सोन्याचा क्षण ठरतो. ती काही क्षणात नाहीशी

होणे एवढीच काही समस्या नसते तर संशोधार्थ ती फारच अल्प प्रमाणात, काहींचे तर काही अणूच उपलब्ध असतात. यामुळे संशोधनाच्या खास पद्धती वापरणे अत्यावश्यक ठरले. या पद्धतींचे स्वरूप व नियम रेडिओ-रसायनशास्त्र या नव्यानेच उदयास आलेल्या शाखेत पहावयास मिळतात. रेडिओ-रसायनशास्त्र म्हणजे किरणोत्सारी मूलद्रव्यांचे रसायनशास्त्र होय.

मर्त्य आणि चिरस्थायी – मूलद्रव्यांच्या जगातील!

रसायनशास्त्रज्ञ कधीकधी पुराणवस्तुशास्त्रज्ञांचीही भूमिका बजावतात. कासे ऊर्फ ब्राँझची वस्तू किती शतकांपूर्वीची असावी किंवा एखादे मातीचे भांडे केव्हा तयार झाले असावे हे जसे ठरवावे लागते तद्वतच पृथ्वीच्या स्तरातील खनिजांची वये किती अथवा ती किती जुनी आहेत हे ठरविण्यास रसायज्ञ शिकले.

काही खनिजे तर साडेचार अब्ज वर्षांपेक्षाही अधिक जुनी असल्याचे आढळले. म्हणजेच ती खुद्द पृथ्वीच्या वयाची ठरली, पण खनिजे म्हणजे रासायनिक संयुगे, त्यात मूलद्रव्ये आलीच. म्हणजेच मूलद्रव्ये चिरस्थायी अथवा अमर आहेत असाच याचा अर्थ होत नाही का?

एखादे मूलद्रव्य मरेल का, हे विचारणे अगदीच अर्थहीन ठरते, असे आपणास वाटेल. कारण, सजीवानाच मृत्यु असतो...

पण नाही. हा प्रश्न वाटतो तेवढा निरर्थक नाही.

किरणोत्सर्गी आविष्कार हे एक भौतिक सत्य पहावयास मिळते. त्यामध्ये मूलद्रव्यांचा अचानक ऱ्हास होतो. (मूलद्रव्ये म्हणण्याऐवजी अणु केंद्रके म्हणणे अधिक श्रेयस्कर.) काही केंद्रके त्यामधून इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करतात; इतर काही अल्फा-कण (हेलिअम केंद्रके) बाहेर फेकतात तर आणखी इतर काही, अचानक विखंडन नामक प्रक्रियेनुसार, साधारणतः दोन सारख्या भागात खंडित होतात.

सर्वच मूलद्रव्ये किरणोत्सारी आहेत का? तसे मुळीच नाही. पण आवर्ती



पद्धतीमध्ये पोलोनिअमपासून सुरू होणारी शेवटची मूलद्रव्ये मुख्यत्वेकरून किरणोत्सारी आहेत.

ऱ्हास होण्याच्या प्रक्रियेत संबंधित किरणोत्सारी मूलद्रव्य संपूर्णतया नाहीसे होते असे नसून ते दुसऱ्या मूलद्रव्यात रूपांतरित होते. अशा किरणोत्सारी रूपांतरणाची मालिका चांगलीच लांबलचक असू शकते.

उदाहरणार्थ, थोरिअम आणि युरेनिअमचे अंतिम रूपांतर स्थिरस्वरूपी लेड (शिसे) मध्ये होते, पण ही स्थिती येईपर्यंत मध्यंतरी दहाबारा किरणोत्सारी मूलद्रव्ये जन्म घेतात आणि 'मृत्यू' पावतात.

किरणोत्सारी मूलद्रव्यांची जीवनक्षमता वेगवेगळी असते. काही, संपूर्णपणे नाहीशी होण्यापूर्वी लाखो वर्षे टिकतात तर काहींचे आयुष्य काही मिनिटांचे, नव्हे, काही सेकंदांचे असते. किरणोत्सारी मूलद्रव्यांची जीवनक्षमता सांगण्यासाठी शास्त्रज्ञ एका विशिष्ट संज्ञेचा वापर करतात – अर्धा:युकाल किंवा अर्धायु. किरणोत्सारी पदार्थातील निम्मे अणु विदलित होण्यास लागणारा काल (आयुष्य) असा त्याचा अर्थ आहे, किंवा या कालात, जेवढे किरणोत्सारी मूलद्रव्य विचारात घेऊ त्याचा त्याच्या मूळ वजनाच्या बरोबर निम्म्याने ऱ्हास होतो.

थोरिअम आणि युरेनिअमची अर्धायु तर कित्येक कोटी वर्षांची भरतात. पण आवर्ती सारणीत त्यांच्यापूर्वी येणाऱ्या मूलद्रव्यांबाबत वस्तुस्थिती खूपच भिन्न आहे. प्रोटॅक्तिनिअम, ॲक्टिनिअम, रेडिअम आणि फ्रांसिअम ही ती मूलद्रव्ये असून त्यांचा अर्धायु काल काही लाख वर्षांपेक्षा जास्त नाही. यामुळे एक संभ्रमात टाकणारा प्रश्न उभा राहतो.

अशा परिस्थितीत ही अल्पायुषी मूलद्रव्ये आजतागायत पृथ्वीवर कशी काय आढळतात? ही पृथ्वी तर पाच अब्ज वर्षांची आहे; या कल्पनातील कालाच्या तुलनेने रेडिअम, ऑक्टिनिअम यांचे काल क्षुल्लकच ठरतात आणि तेवढ्यात ही मूलद्रव्ये निदान शंभर वेळा तरी नाहीशी होतील...

तरीसुद्धा त्यांचे अस्तित्व आढळतेच आणि पृथ्वीवरील खनिजात ती युगेन्‌-युगे जतन केलेली दिसतात. निसर्गाजवळ जणू एखादे अमृतमय 'टॉनिक' असावे व त्याच्या सहाय्याने ही मूलद्रव्ये दीर्घायुषी ठरत असावीत!

पण तसा प्रकार मुळीच नाही; ती पुन:पुन्हा अवतीर्ण होतात एवढेच. पृथ्वीवर युरेनिअम आणि थोरिअमचा जो अमाप साठा आहे तो त्यांच्यामागे आहे. या दोन मूलद्रव्यांची अखेर जरी स्थिरप्रवृत्तीच्या शिशात होत असली तरी तेथपावेतो पोहोचण्याच्या मार्गात त्यांची निरनिराळ्या मूलद्रव्यात रूपांतरे होत राहतात, म्हणूनच रेडिअम, ॲक्टिनिअम इत्यादी अल्पायुषी मूलद्रव्ये पुन:पुन्हा अवतीर्ण झाल्याचे दृष्टोत्पत्तीस येते. अशा प्रकारे रासायनिक मूलद्रव्यांचे दोन ठळक गट पडतात प्राथमिक मूलद्रव्ये आणि दुय्यम मूलद्रव्ये.

सर्व अ-किरणोत्सारी मूलद्रव्ये आणि पृथ्वीपेक्षाही ज्यांचे अर्धायु मोठे आहे अशी युरेनिअम व थोरिअम ही दोन मूलद्रव्ये यांचा समावेश प्राथमिक मूलद्रव्यात केला जातो. ती सूर्यमालेच्या निर्मितीची साक्षीदार आहेत.

उरलेली सारी मूलद्रव्ये दुय्यम गटात मोडतात.

हे सारे खरे असले तरी एक वेळ अशी येईल की आवर्ती पद्धतीत मूलद्रव्ये मोठ्या संख्येत आढळणार नाहीत. युरेनिअम आणि थोरिअम यांचे साठे अमर्याद समजले जात असले तरी तसे तौलनिकदृष्ट्याच समजले जाते. भविष्यकालात केव्हा तरी ते निश्चितपणे संपणारच, हे अगदी निर्विवाद आहे. दुय्यम मूलद्रव्यांचे हे उद्‌गमस्थानच नाहीसे झाल्यावर, किरणोत्सारी रूपांतरणातून निर्माण होणारी मूलद्रव्ये तरी कशी दिसतील?

एक, दोन, तीन, पुष्कळ...

प्राचीन आदिमानवाची मोजदाद ही अशी होती. त्याच्या गणितात संख्यात्मक गुणधर्म सांगणाऱ्या दोनच संज्ञा होत्या, त्या म्हणजे "खूप" अथवा "पुष्कळ" आणि "थोडे" किंवा "कमी", बस्स या दोहोंमध्ये त्याचे सारे गणित सामावले होते.

सुमारे शंभर वर्षांपूर्वी, पृथ्वीतील प्रत्येक मूलद्रव्याची व्याप्ती ठरविण्याचा लोकानी जेव्हा प्रयत्न केला तेव्हा काहीशी वरीलप्रमाणेच त्यानी आपली मोजणी व्यक्त केली.

उदाहरणार्थ, शिसे, जस्त, रूपे यांचा विस्तृत वापर आढळल्यामुळे ही मूलद्रव्ये पृथ्वीच्या कवचात अगदी भरपूर प्रमाणात आहेत असे मानले गेले. पण मृद्‌धातु ऊर्फ लँथानाइडे या पृथ्वीवर कधीकाळी नखभर तरी सापडतील की नाही अशी परिस्थिती अनुभवास आल्यामुळे ती दुर्मिळ ठरली. अशी मोजदाद किती सोपी आहे! शंभरएक वर्षांपूर्वी मूलद्रव्यांच्या 'गोदामा' तील मोजणी करणारा अधिकारी मोठ्या सुखाने आपले काम करीत असावा. या साऱ्या प्रकारामुळे आज हसू आले तर त्याचे नवल वाटू नये.

हसण्याखेरिच आजचे शास्त्रज्ञ दुसरे काय करणार? आज ही मोजदाद ते एवढ्या अचूकपणे करू शकतात की प्रत्येक मूलद्रव्याचे किती अणु पृथ्वीच्या कवचात असतील ते खात्रीपूर्वक त्याना सांगता येते. त्याना ठाऊक आहे की शिसे, जस्त आणि रूपे यांच्या एकत्रित साठ्यापेक्षा किंचित प्रमाणातच मृद्-धातूचा साठा कमी भरतो.

रासायनिक मूलद्रव्याचा आढावा घेण्याच्या अत्यंत गुंतागुंतीच्या आणि काटे-कोर कामाची सुरुवात क्लार्क या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने केली. पृथ्वीच्या या टोकापासून त्या टोकापर्यंत आढळणाऱ्या विविध खनिजांची तसेच समुद्र आणि सरोवरातील अत्यंत खोलवरच्या पाण्याच्या नमुन्यांचीही एकूण ५५०० रासायनिक पृथःक्करणे त्याने केली. या कामातून निरनिराळ्या मातींचे नमुनेही सुटले नाहीत.

या प्रचंड कामावर त्याने वीस वर्षे खर्च केली. आज आपणास पृथ्वीमध्ये वेगवेगळी मूलद्रव्ये किती प्रमाणात आहेत याची सुस्पष्ट कल्पना असून याचे श्रेय क्लार्क व इतर शास्त्रज्ञाना दिले पाहिजे, नव्हे, त्याबद्दल आपण खरोखरीच त्यांचे ऋणी आहोत.

या दीर्घोद्योगातूनच भूरसायनशास्त्र विकसित झाले. पूर्वी कधीच ठाऊक नव्हते असे अनेक नवलपूर्ण किस्से या शास्त्राने आपणास सांगितले आहेत.

असे दिसते की मेंदेलेयेवच्या सारणीत जे पहिले २६ प्रतिनिधी आहेत — हायड्रोजन ते आयर्न — त्यानी मिळूनच या पृथ्वीचा सारा कवचभाग व्यापलेला आहे. कवचाच्या एकूण वजनात त्यांचा ९९.७ प्रतिशत भग असून इतर ६७ मूलद्रव्यांसाठी केवळ तीन-दशांश प्रतिशत भाग निसर्गाने मोठ्या उदारपणे (!) शिल्लक ठेवला आहे.

या पृथ्वीवर सर्वात जास्त प्रमाणात कोणते मूलद्रव्य आहे?

हजारो वर्षे, मुबलक प्रमाणात वापरल्या जाणाऱ्या व म्हणून प्रचंड वाटणा-ऱ्या लोह, तांबे किंवा कथिलाची या बाबतीत मुळीच वर्णी लागत नसून तो मान ऑक्सिजनकडे जातो. पृथ्वीवरील सर्वात जास्त प्रमाण ऑक्सिजन या

मूलद्रव्याचे असून एकूण सर्व ऑक्सिजन तोलण्यास दुसऱ्या पात्रात सर्वच्या सर्व मूलद्रव्ये भरली पाहिजेत ! पृथ्वीच्या कवचाचा सुमारे अर्धा भाग तर ऑक्सिजनचाच आहे. ऑक्सिजन कुठे नाही ? तो पाण्यात आहे , वातावरणात आहे, खडकांमध्ये आहे आणि प्राण्यांमध्ये व वनस्पतींमध्येही आहे. नुसता आहे असे नसून तो महत्त्वाची भूमिका पार पाडतो.

पृथ्वीचा एक-चतुर्थांश भाग सिलिकॉनयुक्त असून अकार्बनी स्वरूपाचा तो मूलभूत पाया ठरतो.

पृथ्वीवरील इतर मूलद्रव्यांचा विपुलता-क्रम पुढीलप्रमाणे आढळतो : ॲल्युमिनिअम – ७.४ टक्के ; लोह – ४.२ टक्के ; कॅल्शिअम – ३.३ टक्के ; सोडिअम – २.४ टक्के ; पोटॅशिअम व मॅग्नेशिअम प्रत्येकी २.३५ टक्के, हायड्रोजन – १.० आणि टायटॅनिअम – ०.६ टक्के.

पृथ्वीवरील अत्यंत विपुल समजली जाणारी अशी ही दहा रासायनिक मूलद्रव्ये आहेत.

विपुलतेबाबत हे सारे विवेचन झाले खरे पण पृथ्वीवर अत्यल्प असे काय काय आहे ?

सोने, प्लॅटिनम व प्लॅटिनम वर्गातील इतर मूलद्रव्ये अत्यल्प प्रमाणात आढळतात, म्हणून तर ती अत्यंत महाग आहेत.

तथापि, विरोधाभास हा की सोने अत्यल्प असूनही मानवाला ठाऊक झालेला तो पहिला धातु ठरतो. ऑक्सिजन, सिलिकॉन किंवा ॲल्युमिनियम माहीत होण्यापूर्वी कितीतरी अगोदर प्लॅटिनम परिचित झाले.

या साऱ्या महागड्या धातूंचे वैशिष्टय हे की ते संयुगांच्या स्वरूपात कधीच न सापडता मूळ धातुरूपातच आढळतात. खनिजांपासून – म्हणजेच संयुगांपासून – ते वेगळे करण्याची यातायात (उदा. विगालनाची) पडत नाही, म्हणूनच ते मूळ धातुरूपात पृथ्वीवर सापडले, केवळ सापडले व ते सुद्धा अत्यंत प्राचीन काळात.

पण दुर्मिळ म्हणून काही त्याना महत्त्व मिळालेले नाही. दुर्मिळतेचा मान जातो तो दुय्यम अशा किरणोत्सारी मूलद्रव्यांकडे.

त्याना 'भुतांसारखी मूलद्रव्ये' असेच म्हणावे लागेल; म्हटली तर आहेत म्हटली तर नाहीतही.



भूरसायनशास्त्रज्ञांच्या मते पृथ्वीवरील पोलोनिअमचा एकूण साठा फक्त ९६०० टन भरतो, रेडॉन त्याहीपेक्षा कमी म्हणजे अवघे २६० टन आहे, आणि २६००० टन ॲक्टिनिअम आहे. रेडिअम आणि प्रोटॅक्टिनिअम राक्षसी भुते म्हटली पाहिजेत ती एकूण एक कोटी टन आहेत. तथापि, सोने व प्लॅटिनमच्या तुलनेने ती अत्यल्पच ठरतात. ॲस्टाटाईन व फ्रांसियम विचारात घेण्याजोगीच नाहीत कारण ती नगण्य स्वरूपात आहेत. त्यांचा साठा मोजला गेला असून ती काही मिलिग्रॅमच आहेत हे सांगण्याससुद्धा संकोच वाटतो.

अत्यंत कमी प्रमाणात असणारे मूलद्रव्य म्हणजे ॲस्टाटाइन. पृथ्वीच्या सबंध कवचात ते अवघे ६९ मिलिग्रॅम भरते! यापलिकडे आणखी काय सांगणार?

पहिल्या क्रमांकाची अशी नेप्च्यूनिअम आणि प्लूटोनिअम ही युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्ये पृथ्वीवर आढळली आहेत. युरेनिअम आणि मुक्त न्यूट्रॉन यांचा अगदी क्वचितच संयोग झाल्यामुळे निसर्गात ती अस्तित्वात येतात. ही भुते, आपण हजारो टनांमध्ये आहोत अशी बढाई मारतात खरी पण प्रोमेथिअम आणि टेक्निशिअम या युरेनिअमचेच पितृत्व सांगणाऱ्या मूलद्रव्यांच्या मानाने त्यांच्या पासंगासही पुरत नाहीत. (यापैकी दुसऱ्याचे अचानक विखंडन होऊ शकते व तसे झाल्यास त्याच्या केंद्रकाचे साधारणत: समान दोन खंडांमध्ये रूपांतर होते.) शास्त्रज्ञाना मोठ्या मुष्किलीने केवळ जाणवेल एवढ्याच प्रमाणात टेक्निशिअम सापडले असून प्रोमेथिअमचा युरेनिअमच्या खनिजांत शोध घेणे अद्यापीही चालू

आहे. प्रोमेथिअम आणि टेक्निशिअम यांचे सूक्ष्मातीसूक्ष्म वजन करू शकणारा तराजु पृथ्वीवर अस्तित्वात यावयाचा आहे!

निसर्ग न्यायी आहे का?

आज शास्त्रज्ञ छातीठोकपणे सांगतात की निसर्गास ज्ञात असलेली सारी रासायनिक मूलद्रव्ये कोणत्याही खनिजात शोधून काढणे शक्य आहे, कोणताही अपवाद न ठेवता. त्यांच्या प्रमाणात प्रचंड फरक असतील हे खरे. पण काही अगदी मुबलक प्रमाणात तर काहींचे अगदीच नगण्य प्रमाण असे का? आवर्ती सारणीत तर साऱ्याना समान हक्क आहेत. प्रत्येकास त्याचे स्वत:चे असे स्वतंत्र स्थान आहे. तथापि, पृथ्वीवरील त्यांच्या साठ्याचा प्रश्न जेव्हा उभा राहतो तेव्हा त्यांचे समान हक्क वाऱ्यावरच विरून जातात.

मेंदेलेयेवच्या सारणीतील पहिल्या व हलक्या अशा तीसएक मूलद्रव्यांमार्फतच पृथ्वीच्या कवचाचा सिंहाचा वाटा उचलला जातो. पण त्यांच्यात तरी समानता आढळते का? काही अति विपुल तर काही अत्यल्प. उदाहरणार्थ, बोरॉन, बेरिलिअम आणि स्कॅंडिअम ही तर दुर्मिळ मूलद्रव्ये ठरतात.

पृथ्वी आजही अस्तित्वात असल्यामुळे असे म्हणता येईल की मूलद्रव्यांच्या पुरवठ्यात काही 'फेरफार' झाले असावेत. किरणोत्सारी गुणधर्मामुळे बरेचसे युरेनिअम आणि थोरिअम नाहीसे झाले. तसेच अक्रियाशील वायु आणि हायड्रोजन यांचाही बराच मोठा भाग बाह्य अवकाशात नाहीसा झाला. तरी पण सर्वसाधारण चित्र कायम टिकल्याचे दिसते.

आजकालचे शास्त्रज्ञ असे प्रतिपादन करतात की पृथ्वीच्या कवचातील मूलद्रव्ये, प्रथमत: हलकी, त्यानंतर मध्यम वजनांची आणि शेवटी अगदी जड या क्रमाने व नियमितपणे घटत जातात. पण तसे नेहमीच काही आढळत नाही. उदाहरणार्थ, मेंदेलेयेवच्या सारणीतील अनेक हलक्या वजनांच्या मूलद्रव्यांच्या तुलनेने, त्यांच्यापेक्षा कितीतरी जड अशा शिशाचे प्रमाण पृथ्वीमध्ये अधिकच

आहे. असे का? सगळे सारख्या प्रमाणात का नसावेत? काही मूलद्रव्ये खूप प्रमाणात 'साठवावयाची' आणि काहींच्या पुरवठ्याकडे अजिबात लक्ष द्यावयाचे नाही असे करण्यात निसर्ग न्यायी ठरतो असे कसे म्हणता येईल?

तसे नाही. कोणता धातु मोठ्या प्रमाणात असावयास पाहिजे, कोणता नको याचे नियम असून त्यानुसारच प्रमाण आढळते. असे हे कोणते नियम असा जर तुम्ही प्रश्न केलात तर प्रामाणिकपणे आम्हास कबूल करावे लागेल की हे नियम आम्हाला अद्यापीही ठाऊक नाहीत. सध्या तरी या बाबतीत काही गृहितां-वरच आम्हाला समाधान मानणे भाग आहे.

असे पहा की ही सारी रासायनिक मूलद्रव्ये नेहमीच काही अस्तित्वात नसतात. हे आपले विश्व अशा प्रकारे घडले आहे की त्यामध्ये निर्मितीच्या प्रक्रिया प्रचंड प्रमाणात सतत चालू असतात. त्यांच्या प्रचंड स्वरूपास खरोखरच तुलना नाही. वैश्विक अणुभट्ट्या! सायक्लोट्रॉन! प्रत्येक ताऱ्यात प्रचंड घडा-मोडी चालू असतात, आणि त्यामध्ये नित्य नवी रासायनिक मूलद्रव्ये 'शिजत' असतात. या ठिकाणी कल्पनाशक्ती तोकडी पडेल अशी तपमाने आणि दाब असतात. तेथील कार्य केंद्रकीय रसायनशास्त्राच्या मूलभूत नियमानुसारच चालते. कोणते कार्य आणि कोणते नियम? तर एका मूलद्रव्याचे दुसऱ्या प्रकारात रूपांतर करण्याचे, हलक्या मूलद्रव्याचे जड मूलद्रव्यात रूपांतरणाचे कार्य, केंद्रकीय रासायनिक प्रक्रियांद्वारे चालू असते. हे नियम असे दिसतात की त्यामुळे काही मूलद्रव्ये सहजगत्या व मोठ्या प्रमाणात तयार होतात तर काही तयार होण्यात अत्यंत अडचणी व म्हणूनच ती कमी प्रमाणात अस्तित्वात येतात.

कमी अथवा जास्त, हे सारे काही, निरनिराळ्या अणु केंद्रकांच्या स्थैर्य-तेवर अवलंबून असते. या संबंधी, केंद्रकीय रसायनशास्त्राचे अगदी सुस्पष्ट निकष आहेत. हलक्या मूलद्रव्याच्या समस्थानिकातील केंद्रकांमध्ये बहुधा सम प्रमाणात प्रोटॉन आणि न्यूट्रॉन असतात. अशा परिस्थितीत हे मूलकण अत्यंत स्थिरस्वरूपी संरचना प्रस्थापित करतात. म्हणूनच हलके केंद्रक संश्लेषित करणे सोपे असते. निसर्गाची सर्वसाधारण प्रवृत्ती ही की जास्तीत जास्त स्थिरस्वरूपी

निर्मिती केली जावी. संश्लेषित करण्यास सोपे पण केंद्रकीय प्रक्रियांमध्ये भाग घेण्यास नाखुश यामुळे त्याचा भार वाढतो. दुसऱ्या प्रकारच्या केंद्रकांमध्ये प्रोटॉनपेक्षा न्यूट्रॉनचे प्रमाण खूपच जादा असते व म्हणूनच मध्यम आणि जड वस्तुमान असणाऱ्या पदार्थांचे केंद्रक तितकेसे स्थिर प्रवृत्तीचे नसतात. संधी मिळण्यानुसार ते वागतात, बदलण्यास अधिक अनुकूल असतात, म्हणूनच मोठ्या संख्येत एकत्रित होण्यास असमर्थ ठरतात.

केंद्रकीय रसायनशास्त्राच्या नियमानुसार, केंद्रकावरील भार जेवढा जास्त तेवढे तसे केंद्रक संश्लेषित करणे अवघड आणि त्यामुळे ते तयार होण्याचे प्रमाणही कमी राहते.

आपल्या पृथ्वीची रासायनिक जडणघडण म्हणजे मूलद्रव्यांच्या उद्‌गमविषयक नियमांचे प्रतिबिंब दाखविणारा जणू आरसाच आहे. शास्त्रज्ञ जेव्हा हे नियम आत्मसात करतील तेव्हाच वेगवेगळी मूलद्रव्ये वेगवेगळया प्रमाणात का याचा खुलासा होईल.

मृगजळाकडे धाव !

मागील शतकातील आठव्या दशकात एका शास्त्रीय मासिकाने एक मोठा वैचित्र्यपूर्ण लेख प्रसिद्ध केला. लेखक शास्त्रीय जगतात तसा मुळीच प्रसिद्ध नव्हता. आपल्या लेखात त्याने असे म्हटले होते की त्यास एकाचवेळी दोन नवी मूलद्रव्ये शोधण्यात यश मिळाले आहे. कॉस्मिअम आणि निओकॉस्मिअम अशी भपकेबाज नावेही त्याना या लेखकमहाशयानी बहाल केली. तो काळच असा होता की मूलद्रव्यांच्या शोधांची लाटच सर्वत्र पसरली होती. एवढी की आपल्या नवसंशोधित मूलद्रव्यास नाव देण्यासही कुणास वेळ नव्हता, सरळ ग्रीक मुळाक्षरे त्यास चिकटवून टाकत.

पुढे लक्षात आले की ही जी साथ पसरली होती त्याची टिंगल करण्यासाठीच हा कॉस्मिअम आणि निओकॉस्मिअमचा संशोधक पुढे सरसावला होता.

एप्रिल महिन्याच्या सुरुवातीस मूर्ख बनविण्याचाच तो एक खेळ होता, अन् लेखकाचे नाव होते कॉस्मन!

आवर्ती सारणीत एकशेचार मूलद्रव्ये आहेत. मूलद्रव्यांच्या या प्रत्यक्ष एकशेचार शोधांची नोंद विज्ञानाच्या इतिहासात केली गेली आहे. पण त्याशिवाय आणखी एक नोंदवही असून त्यातील यादी केवढी तरी लांबलचक आहे. ही यादी आहे मृतावस्थेत जन्मलेल्या मूलद्रव्यांची! फसवाफसवीच्या प्रकारातून, प्रयोगिक चुकांमधून, निष्काळजीपणातून, मोठेपणा मिळविण्याच्या महत्त्वकांक्षेतून ती जन्मली खरी पण केवळ मृत पावण्यासाठीच!

नवीन मूलद्रव्ये शोधणाऱ्यांचा मार्ग काटेरी आणि अनिश्चित होता पण नकली मूलद्रव्ये उजेडात आणणाऱ्यांचा मार्ग, राजमार्गासारखाच म्हटला पाहिजे.

या मार्गावर घडलेल्या चमत्कारिक कथा, हास्यास्पद प्रसंग आणि मनस्वी करमणूक करणारे विरोधाभास तरी किती सांगावेत! कॉस्मनची हकिकत म्हणजे समुद्रतील केवळ एक थेंब आहे.

या पूर्वी उल्लेख करण्यात आलेल्या क्रुक्स या इंग्रजाने इट्रिअमपासून कितीतरी साधेसुधे पदार्थ मिळविले व त्याना मेटा-मूलद्रव्ये असे संबोधिले. प्रत्यक्षात हे पदार्थ म्हणजे पूर्वीपासूनच माहीत झालेल्या मूलद्रव्यांची केवळ मिश्रणे होती.



ग्रीनलँडमधल्या हिमनद्यातील मातीचे नमुने सुप्रसिद्ध ध्रुवप्रदेशांचे संशोधक नॉर्डेनस्कजोल्ड यानी आणले होते. ती वैश्विक धूळ असावी असे समजले गेले आणि जर्मन शास्त्रज्ञ स्वाइन याने तीमध्ये युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्ये सापडल्याचा दावा केला. या धुळीमध्ये अणु अंक १०८ असणारे मूलद्रव्य आपणास सापडले आहे

असे घाईगर्दीने त्याने जाहीरही केले. पण सत्य फार काळ लपून रहात नाही. चुकीच्या विचारप्रणालीवर त्या दुर्दैवी शास्त्रज्ञाचा 'शोध' आधारलेला होता.

फ्रीहॅण्ड या इंग्रज गृहस्थाची आठवण झाल्याशिवाय राहणार नाही. जीवन-रहित अशा मृत समुद्रातील ८५ व ८७ क्रमांकांच्या मूलद्रव्यांचा शोध घेण्यासाठी पॅलेस्टाईनची त्याने खास मोहीम काढली होती. तीच गोष्ट ॲलिसन या अमेरिकन माणसाची. आयोडिन आणि सेसिअम यांचे वजनदार खंड पृथ्वीवर का सापडू नयेत याचे त्यास प्रचंड कोडे पडले होते आणि असे खंड त्यास एकाएकी सर्वत्र आढळू लागले. एका 'नव्या' तंत्राच्या साहाय्याने तपासणी केलेल्या प्रत्येक खनिजात आणि द्रवरूप नमुन्यात त्यास ही मूलद्रव्ये सापडू लागली. त्याने, संशोधिलेले हे 'नवे तंत्र' पुढे अर्थातच खोटे ठरले. नमुन्यांची पृथःक्करणे करून त्याचे डोळे एवढे बिघडले की त्यास पुढे विविध भास होऊ लागले.

मोठमोठे व प्रसिद्ध संशोधकही या मृगजळामागे धावल्याचे दिसून येते. इटालियन शास्त्रज्ञ फर्मी याची अशी समजूत झाली की न्यूट्रॉनचा भडिमार करताच युरेनिअमपासून अनेक युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्ये एकाएकी तयार झाली. प्रत्यक्षात ते युरेनिअमच्या केंद्रकांचे, विखंडनातून निर्माण झालेले भाग होते, व ते आवर्ती सारणीच्या मध्यभागी आढळणारी मूलद्रव्ये होती.

मृगजळामागे धावण्याचा हा रस्ता आजही अस्तित्वात असून त्यावरून मार्गक्रमण्याचा मोह झाल्याची उदाहरणे आजही पहावयास मिळतात. १९५८ मध्ये स्टॉकहोमच्या एका संशोधक गटाने अणु अंक १०२ असणारे नवे मूलद्रव्य संश्लेषित केल्याचे वृत्त प्रसिद्ध झाले. डायनामाईट शोधणाऱ्या नोबेल यांच्या स्मृतीप्रीत्यर्थ या नव्या मूलद्रव्यास नोबेलिअम असे नावही देण्यात आले. पुढे सोविएत व अमेरिकन संशोधकानी हे सारे चुकीचे असल्याचे दाखवून दिले. आता विनोदाने असे म्हटले जाते की नोबोलिअममधील केवळ 'नो' (म्हणजे नाही) मात्र उरला आहे. तथापि, १०२ क्रमांकाच्या मूलद्रव्याचे समस्थानिक मिळविण्यात सोविएत व अमेरिकन शास्त्रज्ञाना निर्विवाद यश मिळाले आहे.

एकशे चारांपैकी एकाचे भवितव्य

एका रासायनिक मूलद्रव्याची ही एक छोटीशी कथा आहे.

त्याचा पत्ता आहे: खोली क्र. ९२ आणि नाव आहे युरेनिअम.

हे नावच बरेच काही सांगून जाईल. कालौघातील दोन महान शोध आणि माणसे युरेनिअमशी संबंधित आहेत. हे शोध म्हणजे किरणोत्सर्गता आणि न्यूट्रॉनच्या सहाय्याने केले जाणारे केंद्रकांचे विखंडन. अणुशक्तीचे दार उघडणारी किल्ली युरेनिअमने मानवाच्या हाती दिली. निसर्गात उपलब्ध नसणारी मूलद्रव्ये निर्माण करण्यास युरेनिअमनेच साहाय्य केले; टेक्निशिअम आणि प्रोमेथिअम हीच ती दोन संश्लेषित मूलद्रव्ये होत.

इतिहास असे सांगतो की युरेनिअमच्या चरित्रास २४ सप्टेंबर १७८९ रोजी सुरुवात झाली.

रासायनिक मूलद्रव्यांच्या संशोधनाच्या इतिहासात नाना प्रकार घडले आहेत. काहींच्या बाबतीत त्यांचे संशोधक कोण हे कुणीच सांगू शकत नाही; तर काही मूलद्रव्यांवर पितृत्वाचा हक्क सांगणाऱ्यांची भली मोठी यादी सापडते. पण युरेनिअमचा धर्मपिता कोण याबाबत मुळीसुद्धा संदेह नाही, तो म्हणजे विश्लेषणात्मक रसायनशास्त्राचा पाया रचणारा मार्टिन क्लॅप्रॉथ हा बर्लिन निवासी रसायनशास्त्रज्ञ होय. तथापि, इतिहासाने त्याच्याशी एक प्रकारे लपंडावच खेळला. आपल्या कथेच्या नायकाचे जे धर्मपिते आहेत त्यापैकी हेन्रिक मार्टिन क्लॅप्रॉथ हा एक ठरला.

हजारो वर्षांपासून पिच्ब्लेंड हे खनिज माणसाला ठाऊक असून ते जस्त आणि लोह यांचे खनिज समजले जात असे. तथापि, त्यामध्ये एका अज्ञात धातूची भेसळ असावी ही वस्तुस्थिती त्या पट्टीच्या विश्लेषकाच्या तीक्ष्ण नजरेतून सुटली नाही. क्लॅप्रथचा अंदाज लवकरच खरा ठरला. धातूची चमक असणारे काळया रंगाचे चूर्ण एक नवे मूलद्रव्य ठरले. युरॅनस या ग्रहाचा शोध इंग्लिश खगोलज्ञ हर्शल यानी त्यावेळी नुकताच लावला होता. त्याप्रीत्यर्थ, या नव्या मूलद्रव्याचे युरेनिअम असे नामकरण आले.



त्यानंतर सुमारे अर्धशतक लोटले. क्लॅप्रॉथच्या शोधाबद्दल कुणालाच संशय आला नाही. खरे तर युरोपच्या त्या अग्रेसर विश्लेषकाच्या शोधाबाबत शंका घेण्याची कुणालाच हिम्मत नव्हती. रासायनिक पुस्तकांमधून युरेनिअमची वाटचाल चालूच होती.

पण १८४३ मध्ये युजेन पेलिगॉट या फ्रेंच रसायज्ञामुळे ही यशस्वी वाटचाल काहीशी मंदावली. त्याने असे सिद्ध केले की क्लॅप्रॉथ ज्याला युरेनिअम समजतो ते खुद्द युरेनिअम नसून केवळ युरेनिअम ऑक्साइड आहे! पुढे मग नि:पक्षपाती इतिहासकारानी पेलिगॉट हा युरेनिमचा दुसरा 'धर्मपिता' आहे असे आपल्या लिखाणात लिहिले.

तथापि, युरेनिअमच्या 'धर्मपित्यांची' यादी येथेच संपली असे नाही. तिसरा धर्मपिता उभा राहिला: द्‌मीत्री इवानोविच मेंदेलेयेव.

सुरुवातीस युरेनिअम आवर्ती सारणीत सहजपणे स्थानपन्न होऊ शकला नाही. त्याला तिसऱ्या गटात, कॅडमिअम व कथील यांच्या मधोमध, म्हणजे आज जेथे इंडिअम आहे, त्या खोलीत जागा देण्यात आली. युरेनिअमच्या अणुभारानुसार ही जागा देण्यात आली होती त्याच्या गुणधर्मांनुसार नव्हे. गुणधर्मांचा विचार करता युरेनिअमची उपस्थिती या जागेत एखाद्या उपऱ्याप्रमाणेच ठरली.

हे सारे पाहता मेंदेलेयेवचे असे मत झाले की युरेनिअमचा अणुभार चुकीचा ठरविण्यात आला आहे. मग त्याने त्यात ५० टक्क्यानी वाढ केली. त्यामुळे युरेनिअमला सारणीच्या ६ व्या गटात जागा मिळून मूलद्रव्यांच्या मालिकेत ते शेवटचे मूलद्रव्य ठरले. अशा प्रकारे युरेनिअमचा तिसऱ्यांदा "जन्म" झाला.

पुढे प्रयोगांती लवकरच आढळून आले की मेंदेलेयेवचे हे म्हणणे बरोबरच आहे.

बा युरेनिअम, तुझी जागा कोणती?

ज्याना जागा मिळालेली नाही असे एकही मूलद्रव्य मेंदेलेयेवच्या पद्धतीत नाही. ज्याना निश्चित जागा नाही अशी मूलद्रव्ये मात्र जरूर आढळतात. याचे अगदी चटकन ध्यानात येणारे उदाहरण म्हणजे हायड्रोजन. संशोधकाना अद्यापीही शंका आहे की या क्रमांक १ च्या मूलद्रव्याची पहिल्या आवर्तात का ७ व्या आवर्तात जागा असणे योग्य असेल...

युरेनिअमचीही अशीच बिकट अवस्था आहे.

पण मेंदेलेयेवने अखेरीस त्याची जागा कायमची ठरविली नसेल का?

सातव्या गटातील क्रोमिअम, मॉलिब्डेनम आणि टंगस्टन यांच्या कुटुंबातील एक वजनदार सभासद म्हणून युरेनिअमची जी जागा ठरली त्याबद्दल कित्येक दशकांपर्यंत कुणीच शंका घेतली नाही. युरेनिअमची ही जागा जणू बिनचुक होती.

पण काळ बदलला आणि मूलद्रव्यांच्या मालिकेतील शेवटचे मूलद्रव्य हा त्याचा दर्जा पूर्ववत राहिला नाही. मानवनिर्मित अशा युरेनिअमोत्तर संश्लेषित मूलद्रव्यांची जणू पलटण उभी राहिली आणि युरेनिअमचा या जागेवरील हक्क त्यानी अमान्य केला. या साऱ्या 'पलटणीस' मेंदेलेयेवच्या सारणीत जागा देणे जरूरी होते. कोणते गट आणि कोणत्या खोल्या या युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्याना दिल्या गेल्या पाहिजेत? बऱ्याच वादविवादानंतर असे ठरले की या साऱ्यांचा एक गट करून हा सारा गट एकाच जागी ठेवावा.

हा निर्णय काही एकाएकी आकाशातून पडला नाही. तशी व्यवस्था पूर्वी एकदा या सारणीत झालीच आहे. सहाव्या आवर्तांचे चौदा सभासद ऊर्फ लँथा-नाइडे ही सारी लँथॅनमबरोबर तिसऱ्या गटाच्या एकाच खोलीत ठेवलीच आहेत.

भौतिकशास्त्रज्ञानी खूप पूर्वी असे निदान केले होते की असाच प्रकार पुढच्या आवर्तात घडणे अगदी शक्य आहे. त्यांचे म्हणणे असे की ७ व्या आवर्तात, लँथानाइडांशी मिळते जुळते असे मूलद्रव्यांचे कुटुंबच्या कुटुंब अस्तित्वात असणे अगदी संभवनीय आहे. या कुटुंबाचे नाव असेल ॲक्टिनाइडे, कारण त्यांची सुरुवात ॲक्टिनिअमपासून असणार आणि ते बरोबर लँथानिअमच्या अगदी खालीच आढळणार. म्हणूनच युरेनिअमोत्तर सारी मूलद्रव्ये या कुटुंबातील सभासद आहेत. केवळ युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्येच नव्हेत तर खुद्द युरेनिअम आणि त्याच्या अगदी जवळचे, डावीकडील प्रोटॅक्टिनिअम आणि थोरिअम हे शेजारीसुद्धा याच कुटुंबाचे सभासद ठरतात. त्या साऱ्याना त्यांच्या जुन्या, परिचित अशा ६ व्या, ५ व्या आणि ४ थ्या आवर्तातील जागा सोडून ३ ऱ्या आवर्तात जावे लागले.

शंभर वर्षांपूर्वी मेंदेलेयेवने युरेनिअमला याच गटातून हुसकावले होते. आता ते पूर्वस्थळी परतले, पण यावेळी "पूर्ण हक्कां" सह! आवर्ती पद्धतीच्या एकंदर आयुष्यक्रमात विचित्र घटना कशा घडत गेल्या ते तुम्हीच पहा.



या व्यवस्थेबाबत भौतिकशास्त्रज्ञ संमत झाले पण सारेच रसायज्ञ मात्र त्याच्याशी सहमत झाले नाहीत, त्यानी थोडेसे हातचे राखून ठेवलेच. कारण, गुणधर्म विचारात घेता, मेंदेलेयेवच्या काळी ३ ऱ्या गटात युरेनिअम जेवढा उपरा ठरला तेवढाच तो आजही ठरतो. एवढेच नव्हे, तर थोरिअम आणि प्रोटॅक्टिनिअम यांच्याबाबतीतही ३ रा गट योग्य ठरत नाही.

बा युरेनिअम, तुझी जागा कोणती? शास्त्रज्ञांमध्ये हा एक मतभेदाचा मुद्दा आहे.

पुराणवस्तुशास्त्रातील छोट्यामोठ्या कथा

माणसाने लोखंडाचा उपयोग करण्यास केव्हा सुरुवात केली? उघडच आहे की मानव खनिजापासून ते मिळविण्याची कला शिकला तेव्हापासून. या महान घटनेची अंदाजी तारीखही इतिहासकारानी ठरविली असून हा दिवस म्हणजेच पृथ्वीवर लोहयुग अस्तित्वात आलेला दिवस होय.

तथापि, प्राचीन काळच्या त्या अशिक्षित धातुशास्त्रज्ञानी त्यांच्या सामान्य स्वरूपाच्या झोतभट्टीतून पहिल्या किलोग्रॅम लोहाची निर्मिती करण्याच्या कितीतरी आधीच लोहयुगाची सुरुवात झाली होती. पृथःक्करणाच्या विविध पद्धतीनी सज्ज असणाऱ्या रसायनशास्त्रज्ञांचा तसा निष्कर्ष आहे.

आपल्या पूर्वजानी लोखंडाचा जो पहिलावहिला तुकडा वापरला असेल तो अक्षरशः आकाशातून पडलेला होता. आपण ज्यास उल्कापाषाण म्हणतो त्यापैकी लोहयुक्त उल्कापाषाणात लोहाखेरीज नेहमीच निकेल आणि कोबाल्ट असते. अत्यंत प्राचीन काळातील लोखंडी हत्यारे जेव्हा तपासण्यात आली तेव्हा रसायज्ञाना त्यांच्यात लोहाव्यतिरिक्त कोबाल्ट आणि निकेल यांचे अंश आढळले.

पृथ्वीवर सापडणाऱ्या लोहखनिजात हे धातु नेहमीच आढळतात असे मात्र मुळीच नाही.

हा निष्कर्ष अगदी वादातीत असा आहे का? याची शंभर टक्के खात्री देता येत नाही. पुरातन काळातील रहस्यांचा उलघडा करणे ही काही साधी, सोपी गोष्ट नाही. परंतु हे करीत असता अनेक विस्मयकारक अनपेक्षित घटनांशी आणि गोष्टीशी आपली गाठ पडते.

एकदा या पुराणवस्तुशास्त्रज्ञानी पुढील प्रकार रसायज्ञांच्या पुढे ठेवून त्याना चकित केले.

इ. स. १९१२ मध्ये, नेपल्सनजीक प्राचीन रोमन अवशेषांचे उत्खनन प्रा. गुंथर या ऑक्सफोर्ड विद्यापीठाच्या पुराणवस्तुशास्त्रज्ञाच्या देखरेखीखाली चालले होते. त्यावेळी त्याना काचेचे मोठे सुंदर तुकडे सापडले. दोन हजार वर्षानंतरसुद्धा त्या काचेचा रंग विरला नव्हता.

त्या प्राचीन रोमन कारागिरानी एवढ्या सुंदर रंगाच्या काचेसाठी कोणती रंग द्रव्ये वापरली असावीत हे शोधण्यासाठी त्यातील फिकट हिरव्या रंगातील काचेचे दोन नमुने इंग्लंडला पाठविले. ते मॅक्ले या रसायज्ञाच्या हाती पडले.

या तुकड्यांच्या पृथःक्करणातून अनपेक्षित असे काहीच हाती लागले नाही, नाही म्हणावयास दीडएक टक्के काही अशुद्ध द्रव्ये आढळली. पण ती अशुद्ध द्रव्ये कोणती याबाबत मॅक्लेस काहीच सांगता आले नाही.

पण योगायोगाने परिस्थितीवर प्रकाश पडला. कुणाच्या तरी मनात आले की ते अशुद्ध द्रव्य किरणोत्सारी आहे काय ते तपासून तरी पहावे. ही कल्पना फार मोलाची ठरली. खरोखरीच ते अशुद्ध द्रव्य किरणोत्सारी असल्याचे आढळून आले. पण कोणत्या मूलद्रव्यामुळे ते शक्य झाले? रसायज्ञानी निष्कर्ष काढला की ते अज्ञात अशुद्ध द्रव्य म्हणजे युरेनिअम ऑक्साईडच आहे.

यास शोध म्हणता येईल काय? क्वचितच. युरेनिअमचे क्षार फार फार पूर्वीपासून काचेस रंग देण्यासाठी वापरले जात होते. युरेनिअमचा हा पहिला व्यावहारिक उपयोग होता. पण रोमन लोकांच्या काचेत त्याचा वापर बुद्धिपुरस्सर नसून कच्च्या पदार्थात ते सहजगत्या, निसर्गतःच मिसळले गेले होते एवढेच.

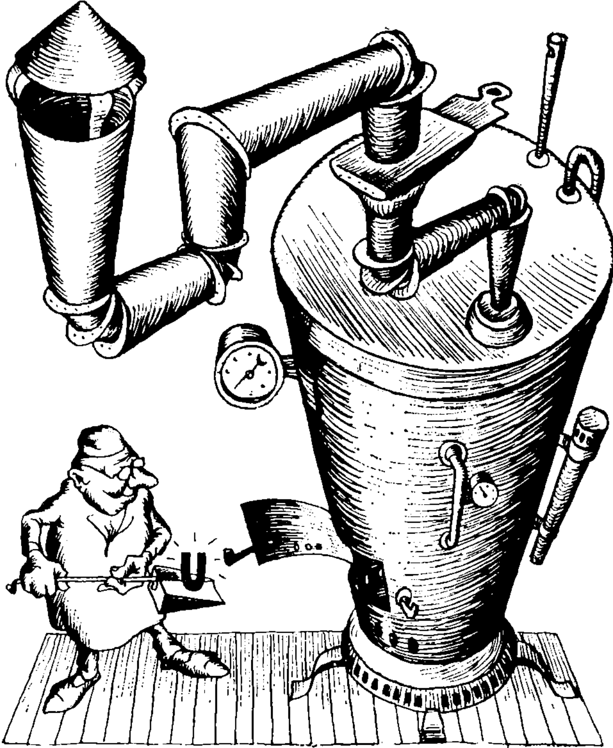
ही गोष्ट सध्या तरी येथे संपते. पण काही दशकांनंतर ही विस्मृतीच्या आड गेलेली वस्तुस्थिती केली या अमेरिकन रसायज्ञ व पुराणवस्तुशास्त्रज्ञाच्या ध्यानात आली.

आपल्या प्रदीर्घ संशोधनातून, पुनःपुन्हा केलेल्या पृथःक्करणातून आणि उपलब्ध माहितीशी काटेकोरपणे ताडून पाहिल्यावर केली अशा निष्कर्षाप्रत आला की प्राचीन रोमन काळातील काचेत आढळणारे युरेनिअम हे योगायोगामुळे नसून बुद्धिपुरस्सरच वापरण्यात येत असे. रोमन लोकाना युरेनिअमच्या खनिजांची चांगली कल्पना होती आणि त्यानी व्यवहारात, विशेषतः काचेस रंग देण्यास त्याचा डोळसपणेच वापर केला होता.

युरेनिअम आणि त्याचे विविध व्यवसाय

आवर्ती सारणीतीत ९२ क्रमांकाचे मूलद्रव्य या विसाव्या शतकात अगदी प्रसिद्ध असे मूलद्रव्य ठरले. कारण, पहिली अणुभट्टी चालू झाली ती युरेनिअम-मुळेच. अत्यंत मूलभूत आणि नव्या उर्जेच्या निर्मितीची गुरूकिल्ली माणसाच्या हाती युरेनिअमने दिली.

आज युरेनिअम मोठ्या प्रमाणात मिळविले जाते. त्याचे जागतिक उत्पादन



दरवर्षी ४०,००० टनांच्या आसपास आहे. अणुभट्ट्यांची सध्याची गरज भागविण्यास ते पुरेसे आहे.

पण काहीशी चमत्कारिक वाटण्याजोगी वस्तुस्थिती अशी की युरेनिअमच्या उत्पादनांपैकी ५ टक्के भागसुद्धा (उपयोगानुसार) सरळ सरळ वापरला जात नाही. उर्वरित ९५ टक्के भाग निरूपयोगी युरेनिअम म्हणून ओळखला जातो. सरळ सरळ उपयोग न होण्याचे कारण हे की अणुभट्टीचे प्रमुख इंधन युरेनिअम-२३५ हा जो समस्थानिक-प्रकार आहे तो त्यामध्ये अत्यंत कमी प्रमाणात असतो.

तर मग भूस्तरशास्त्रज्ञ, खनिजकर्मतज्ज्ञ, रसायज्ञ, खाणकामगार यांचे एवढे प्रचंड परिश्रम फुकटच जातात असा याचा अर्थ समजावयाचा का?

तशी काळजी करण्याची जरूरी नाही. अणुभट्टीतील वापराखेरीज युरेनिअमचे अनेक 'व्यवसाय' असून ते मोठ्या संख्येत आहेत. सर्वसामान्याना त्याची कल्पना नाही. युरेनिअमने जीवशास्त्रज्ञांचे लक्ष वेधून घेतले आहे. असे ध्यानात आले आहे की वनस्पतीच्या योग्य वाढीस या ९२ क्रमांकाची नितांत आवश्यकता असते. उदाहरणार्थ, त्याच्या वापरामुळे कंदरूप अशा गाजरातील व बीटमधल्या आणि काही फळांमधल्या शर्करेचे प्रमाण वाढते. जमिनीतील महत्त्वाच्या अशा सूक्ष्मजीवांच्या वाढीस युरेनिअमची मोलाची मदत होते.

प्राण्यानासुद्धा युरेनिअमची गरज असते. प्रयोगादाखल उंदराना एक वर्षभर युरेनिअम-क्षार असणाऱ्या अन्नावर पोसले गेले. त्यांच्या शरिरात साचलेल्या युरेनिअम मूलद्रव्यात कोणताच फरक असा पडला नाही, तसेच कोणतेच दुष्परिणाम झाल्याचे दृष्टीस आले नाही. तथापि, या प्राण्यांचे वजन मात्र दुपटीने वाढले.

संशोधकांचा असा विश्वास आहे की फॉस्फरस, नायट्रोजन, पोटॅशिअम ही जी महत्त्वाची जीवनोपयोगी मूलद्रव्ये आहेत ती उत्तम प्रकारे पचनी पडण्यास युरेनिअमची फार मदत होत असावी.

औषधिक्षेत्रात युरेनिअमचा काही वापर? जरूर आहे. या मूलद्रव्याचा या क्षेत्रात फार पूर्वीपासून वापर होत आहे. निरनिराळया व्याधींवर, उदाहरणार्थ मधुमेह, त्वचेचे रोग, अर्बुदे (गांठी), इत्यादींवर इलाज म्हणून युरेनिअमचे

क्षार वापरण्याचे प्रयत्न झालेच आहेत, व ते सारेच काही अयशस्वी ठरलेले नाहीत. (युरेनिअम चिकित्सा ' आजही प्रचलित आहे.)

धातुशास्त्रात युरेनिअमचा एक मोठा चमत्कृतीजन्य उपयोग पहावयास मिळतो. लोह-युरेनिअम (फेरोयुरेनिअम) हा मिश्रधातु पोलादात मिसळून त्यातील ऑक्सिजन व नायट्रोजन वेगळे करता येतात. फेरोयुरेनिअमचा वापर करून तयार करण्यात आलेले पोलाद अत्यंत कमी तपमानात उत्तम काम करते. युरेनिअम आणि निकेल असणारे पोलाद अगदी जहाल अशा रासायनिक द्रव्यांचा परिणाम यशास्वीरीत्या रोखते. अॅक्वा रेजिआ ऊर्फ नायट्रिक व हायड्रोक्लोरिक अम्लांच्या मिश्रणासही हे पोलाद दाद देत नाही.

आणखी एक मोठा लक्षवेधक आणि खास युरेनिअमचाच म्हणता येईल असा उपयोग म्हणजे अनेक रासायनिक प्रक्रियांमध्ये उत्प्रेरक म्हणून युरेनिअम व त्याची संयुगे वापरली जातात. नायट्रोजन व हायड्रोजन यांच्यापासून अमोनिया संश्लेषित करण्याची क्रिया कधीकधी युरेनिअम कार्बाइडच्या सन्निध्यात केली जाते. ऑक्सिजनमुळे होणारे मीथेनचे ऑक्सिडिकरण, युरेनिअम ऑक्साइडमुळे वेगाने होते. हाच प्रकार कार्बन मोनॉक्साइड व हायड्रोजन यापासून तयार होणाऱ्या मेथील व एथील अल्कोहोल या द्रव्यांच्या बाबतीत तसेच अॅसेटिक अम्लाच्या निर्मितीक्रियेतही घडतो. कार्बनी रसायनशास्त्रातील कितीतरी संयुगे युरेनिअम उत्प्रेरकांच्या सहाय्याने तयार केली जातात.

युरेनिअमचे रसायनशास्त्र या प्रमाणे मोठे संपन्न आहे. षट्-, पंच्-, चतुर्-, किंवा त्रिसंयुजा असणारी त्याची संयुगे असतात. वेगवेगळी संयुजा असणारी ही युरेनिअमची संयुगे एवढ्या भिन्न प्रकृतींची आहेत की चार वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांचे एकत्रित रसायनशास्त्र म्हणजे युरेनिअमचे रसायनशास्त्र असेच म्हणावे लागेल.

अपुरी इमारत?

आवर्ती पद्धत आणि ती प्रचलित करणाऱ्या त्या महान वस्तुशिलपज्ञाबाबत आपण चर्चा केली व अनेक उत्तमोत्तम वैशिष्टचेही सांगितली. पण एकाएकी

आमच्या असे लक्षात आले आहे की त्याचा सातवा मजला जवळ जवळ निम्मा अपुरा आहे. त्यामध्ये ३२ खोल्या हव्यात पण आहेत मात्र १७ च. शिवाय जे राहत आहेत त्या रहिवाश्यांबाबत एक विचित्र परिस्थिती आढळते : ती म्हणजे ते खरोखरीच तेथे राहतात हे आपणाला छातीठोकपणे सांगता येणार नाही. आहे की नाही एक खरोखरीचाच चमत्कृतिजन्य कल्पनाविलास?

या आवर्ती सारणीचा शेवट तर्कशुद्ध आहे की नाही या प्रश्नावर रसायज्ञ आणि भौतिकशास्त्रज्ञ दीर्घकाल खल करीत आहेत. म्हणजेच असे विचारता येईल की अगदी शेवटच्या मूलद्रव्याचा अणु अंक कोणता असेल?

सुमारे चाळीस वर्षांपासून १३७ हा क्रमांक भौतिकशास्त्राच्या निरनिराळ्या पुस्तकात व वैज्ञानिक मुखपत्रांमध्ये दिसू लागला. एका प्रथितयश रसायज्ञाने "जादूमय आकडा १३७" या नावाचे छोटेखानी पुस्तकही लिहून टाकले.

या संख्येचे असे कोणते वैशिष्टय आहे?

अणुकेंद्रकाच्या सर्वात जवळची जी इलेक्ट्रॉन-कक्षा असते ती केंद्रकापासून नेहमीच काही ठराविक अंतरावर नसते. जसजसा अणुवरील भार वाढत जातो तसतशी या कक्षेची त्रिज्या कमी कमी होत जाते. हे पाहता, युरेनिअमच्या अणूमध्ये ही कक्षा इतरांच्या मानाने – उदाहरणार्थ पोटॅशिअमच्या तुलनेने – केंद्रकाच्या खूपच नजिक असते. अशी वेळ येणे शक्य आहे की त्या वेळी केंद्रक आणि त्याच्या अगदी नजिकची कक्षा हे दोन्ही एकाच आकाराचे भरतील. अशावेळी कक्षेतील इलेक्ट्रॉनचे काय होत असावे? – ते केंद्रकावर 'पडतील' आणि केंद्रक त्याना 'गिळंकृत' करेल. पण केंद्रकात शिरणाऱ्या ऋण भारामुळे, केंद्रकाचा एकूण धन भार एका एककाने कमी होतो. म्हणजेच, नव्याने तयार होणाऱ्या मूलद्रव्याचा अणु अंक त्याच्या पैतृक मूलद्रव्यापेक्षा एका एककाने कमी असतो.

अशा प्रकारे आपण मूलद्रव्यांच्या अंतिम संख्येप्रत पोहोचतो. विशाल घ घरातील शेवटची खोली १३७ क्रमांकाची आहे.

पुढे सुमारे दहाएक वर्षांनी भौतिकशास्त्रज्ञाना एक चूक आढळली. अगदी

काटेकोर व सूक्ष्म आकडेमोडीतून असे निष्पन्न झाले की जर केंद्रकावरील भार १५० वा तत्सम असेल तर इलेक्ट्रॉन त्यावर केवळ आदळेल.

यावरून हेच दिसते की विशाल घर पूर्ण करण्याची केवढी तरी मोठी संधी उपलब्ध आहे. कितीतरी नवी मूलद्रव्ये, कितीतरी अनपेक्षित शोध रसायज्ञाना जणू खुणावत आहेत. मेंदेलेयेवने उभारलेल्या घरात प्रवेश मिळविण्यासाठी चाळीसपेक्षा जास्त मूलद्रव्ये उत्सुक आहेत. पण खेदाची गोष्ट अशी की आज केवळ एक स्वप्न म्हणूनच हा प्रकार पाहिला जातो, हे स्वप्न मोठे भुरळ घाल-णारे खरे पण तेवढेच कधीही प्रत्यक्षात न उतरणारे!

शेवटच्या मूलद्रव्याचा अणु अंक ठरविताना शास्त्रज्ञानी एका महत्त्वाच्या वस्तुस्थितीकडे दुर्लक्ष केले. ती ते विसरले नाहीत – त्याना पहावयाचे होते की तसे केल्यास काय होईल...

तसे केल्यास म्हणजे किरणोत्साराकडे जर दुर्लक्ष केले तर... जर मोठ्या प्रमाणात भार असणारी केंद्रके पृथ्वीवरील इतर अनेक मूलद्रव्यांच्या केंद्रका-इतकीच स्थिरस्वरूपी असती तर?

बिस्मथपेक्षा जड असणाऱ्या मूलद्रव्यांवर किरणोत्साराचे सर्वस्वी स्वामित्व असते. पण त्याने काहीना दीर्घायुष्य दिले तर काहीना अल्पायुषी केले.

कुर्चाटोव्हिअमचेच उदाहरण पहा. त्याचे अर्धायु केवळ तीन-दशांश सेकंद आहे.

तर मग एकशे पाचाव्याच्या आणि एकशे सहाव्याच्या बाबतीत काय परिस्थिती आढळते? शक्याशक्यतेचे सारे जरी निकष विचारात घेतले तरी त्यांचा अर्धायु काल याहीपेक्षा कमीच असणार. हे पाहता, जन्माला येण्यापूर्वीच केंद्रकाचा विनाश होणाऱ्या मूलद्रव्यापासून आपण फार दूर नाही. मूलद्रव्यांची एकूण संख्या एकशे दहा झाली तरी खूप मिळविले असेच म्हणावे लागेल.

मेंदेलेयेवची सारणी अपुरी असण्याबाबत खरे पाहता निसर्ग आणि त्याचे काटेकोर, कडक नियम यानाच दोष दिला पाहिजे.

तरीसुद्धा, निसर्गावर मानवाने किती वेळा विजय मिळविला आहे?

आधुनिक किमयागारांचे स्तुतिस्तोत्र

मध्ययुगीन काळ एवढा विचित्र होता की त्या वेळच्या कमनशिबी किमयागाराना स्पॅनिश चौकशी-मंडळाच्या आदेशानुसार अतोनात छळण्यात आले एवढेच नव्हे तर जिवंत जाळण्यातही आले.

पण आजच्या अणु-किमयागारांचा अभिमानपूर्वक उल्लेख केला जातो आणि त्याना जगातील सर्वोच्च अशा नोबेल पारितोषिकाचा मान दिला जातो. पूर्वीच्या किमयागारांमध्ये अंध:श्रद्धेचा भाग जास्त होता, आपण काय करीत आहोत याची त्याना कल्पनाच नव्हती, त्यांच्या विचारप्रणालीत तर्कशुद्धता कमी होती व प्रार्थना-स्तवनांवर जोर होता. गूढ अशा परिसाबाबत पराकोटीचा अंधविश्वास होता. आजच्या किमयागारांच्या हिशेबी देवही नाही आणि सैतान तर नाहीच नाही. त्यांची मानवी मनाच्या शक्तीवर आणि त्याच्या अमर्याद कल्पकतेवर श्रद्धा आहे. भौतिकशास्त्र, गणित आणि तर्कशुद्ध गृहिते यांचा भक्कम आधार असणाऱ्या भौतिकी विचारप्रणालींवर त्यांचे विचार व संशोधन आधारलेले असते.

हे किमयागार आज जड मूलद्रव्यांच्या अंतर्गत परिसरातील गूढ प्रमेये उकलण्यासाठी धडपडत आहेत. पण त्यांची ही धडपड हवेतल्या मनोऱ्यांप्रमाणे तर नाही ना? आम्ही नुकतेच म्हटले आहे की ११० अणु अंकाच्या जवळपास असणाऱ्या मूलद्रव्याना किरणोत्साराने जो काही आयुष्यकाल बहाल केला आहे तो तर कठोर म्हणण्याच्याही पलिकडचा आहे.

हे असे आहेही आणि तसेच आहे असेही नाही. नील्स बोर या डॅनिश भौतिकशास्त्रज्ञाने "विचित्र, चक्रम" अशा कल्पनांची एकदा भलावणच केलेली आहे. त्याच्या मते, अशाच कल्पनांमुळे आजच्या विश्वाचे स्वरूप ढवळले जाणे शक्य आहे.

अति-वजनदार मूलद्रव्यांच्या निर्मात्यांच्याही अशाच कल्पना आहेत. सापेक्षता विचारप्रणालीएवढ्या त्या 'विचित्र' नसतीलही. त्यावर फार सूक्ष्म विचार-

मंथन झाले आहे, त्याना भक्कम अशा भौतिक शास्त्राचे अधिष्ठान आहे आणि त्या काटेकोरपणे पुन:पुन्हा तपासण्यात आल्या आहेत.

या कल्पनांचा गाभा हा की उच्चभारित केंद्रकांच्या राज्यात ज्याना 'स्थिर बेटे' म्हणता येईल असा प्रकार असणे शक्य आहे. याचा अर्थ असा होत नाही की त्यावरील मूलद्रव्ये किरणोत्सारी ऱ्हास पावतात. ती त्यांच्या शेजाऱ्यांपेक्षा अधिककाळ अस्तित्वात असतात, या काळात ती केवळ संश्लेषितच करता येतील असे नसून त्यांचे प्रमुख गुणधर्म तपासण्यास ते पुरेसा वेळ देतील. त्यापैकी एक 'बेट' म्हणजे अणु अंक १२६ असणारे मूलद्रव्य हे होय.

आजपावेतो तरी ही एक विचारप्रणाली आहे. आणि १२६ वे मूलद्रव्य प्रत्यक्ष तयार करणे हा तंत्रविज्ञानाचा भाग झाला.

केंद्रकीय रसायनशास्त्रातील प्रचलित पद्धती या बाबतीत अगतिक आहेत. न्यूट्रॉन, ड्युटेरॉन, आल्फा कण आणि अर्गॉन, निऑन आणि ऑक्सिजन या हलक्या मूलद्रव्यांचे आयनसुद्धा या कामासाठी काहीही उपयोगाचे नाहीत. कारण, ज्यावर वेगवान कणांचा भडिमार करावयाचा असे योग्य मूलद्रव्य ऊर्फ 'लक्ष्य' उपलब्ध नाही. जी आहेत ती अणु अंक १२६ पासून फार दूरवरची आहेत.

तर मग कोणत्या तरी अचाट पद्धतीचा शोध लावला पाहिजे. आज जी बहुचर्चित पद्धती आहे तीमध्ये युरेनिअमचा युरेनिअमवरच भडिमार करण्याची, युरेनिअम आयनाना एका खास प्रवेगकात प्रचंड वेग देऊन युरेनिअम-लक्ष्यावर सोडण्याची कल्पना आहे.

त्याचा काय परिणाम होईल? युरेनिअमचे दोन केंद्रक एकमेकात विरून या प्रचंड अशा नूतन केंद्रकाचा भार १८४ होईल. तो अस्तित्वात राहणे शक्य तर होणारच नाही पण तसा त्यास हक्कही नाही. तो तात्काळ भिन्न वस्तुमानांच्या व आणि भिन्न भारांच्या दोन खंडात विभागित होईल. आणि कुणी सांगावे, त्या दोघांपैकी एकजण १२६ भाराचा केंद्रक असेलही...

अशी ही एकूण कल्पना आहे. ती आज ना उद्या साकार होणारच नाही असा विश्वास बाळगणे चुकीचे ठरेल. जीवनात अनपेक्षित घटनांचा भाग असतोच असतो...

...केव्हा घडेल ते कुणालाच सांगता येणार नाही, पण घडणार हे निश्चित. मानव निसर्गावर मोठा विजय मिळविणारच. एवढा मोठा की सर्वकाळ तो अद्वितीय ठरणार.

किरणोत्सार नियंत्रित करण्यास तो शिकेल. त्याला अस्थायी मूलद्रव्याना स्थैर्य देता येईल, आणि त्याउलट करण्याचेही तंत्रही तो आत्मसात करेल. जे अत्यंतिक स्थैर्याचे केंद्रक आहेत त्यांचा ऱ्हास तो आपल्या इच्छेनुसार साधेल.

मनोरंजक, कल्पनारम्य विज्ञान कादंबऱ्या लिहिणाऱ्या प्रतिभाशाली लेखकानी या कल्पनांचा अद्यापीही आश्रय घेतलेला नाही. शास्त्रज्ञ तर अजूनही या कल्पनांबाबत नाक मुरडतात, कारण किरणोत्साराचा आविष्कार, व्यावहारिक किंवा तात्त्विक अशा कोणत्या मार्गाने मानवाच्या सेवेत आणावयाचा याची त्याना कल्पनाही सुचत नाही.

पण असा मार्ग, जरी तो कितीही बिकट असला, तरी आज ना उद्या नक्की सापडेल असा आमचा विश्वास आहे.

कल्पना करू या की असा मार्ग सापडला आहे. अति-वजनदार मूलद्रव्ये संश्लेषित करणे ही समस्या केव्हाच सुटली आहे. शास्त्रज्ञांच्या समोर विशाल घरातील पाचपंचवीस नवे रहिवासी हजर आहेत. या साऱ्यांचा अंतर्बाह्य तपास घेण्यासाठी रसायज्ञ पुढे सरसावले आहेत.

आणि मग... धक्कादायक अशा अनपेक्षित प्रकाराना तोंड देण्याची तयारी ठेवा.

तथापि, एक विचार लगेच मनात येतो की सारे काही आता अपेक्षितच नाही काय? मग 'अनपेक्षित' या शब्दाचा वापरच चुकीचा ठरतो. कशाची अपेक्षा करावयाची ते आपणास ठाऊकच आहे.

तर मग या मूलद्रव्याच्या, उदाहरण म्हणून वर उल्लेख केलेल्या व अणु अंक १२६ असणाऱ्या मूलद्रव्याच्या गुणधर्मांबाबत काही वर्तविणे शक्य आहे का?

शक्य आहे आणि ते सुद्धा फारशी अडचण न पडता.

सर्वसाधारणपणे असेच म्हणता येईल की कोणीही ही आवर्ती पद्धत आपल्या इच्छेनुसार पाहिजे तेवढी लांबवू शकेल. त्याच्या संरचनेचे सर्वसाधारण भौतिकीय तत्त्व किंवा स्वरूप अगदी स्पष्ट आहे. आम्हा दोघा लेखकांपैकी एकास मागे एकदा एका मोठ्या डोकेबाज व्यक्तीने एक हजार मूलद्रव्ये असणारी सारणी दाखविली. त्यास सहज विचारले, "काहो, हजारच का? दोन हजार, दहा हजार का नाही?" काहीशा दडपणाखाली तो उत्तरला, "त्याचे असे झाले की कागदच पुरेसा मोठा नव्हता..."

पण ही जरा अतिशयोक्तीच झाली. मात्र एकशे सव्विसाव्या मूलद्रव्याबाबत मनापासून आणि खात्रीने असे म्हणता येईल की ते सर्वस्वी नव्या कुटुंबाचे सभासद असेल, अगदी आगळ्या स्वरूपाचे कुटुंब, जे रसयनज्ञानी कधीच पाहिलेले नसेल. या कुटुंबाची सुरुवात १२१ क्रमांकाच्या मूलद्रव्याने होईल. तसेच कुटुंबातील सारेच्या सारे म्हणजे एकूण अठरा सभासद एवढे एकमेकांसारखे असतील की आपल्या जुन्या दोस्तांमधले म्हणजे लँथानाइडांचे एकमेकांशी असणारे साम्य अगदी जुजबी ठरेल. एकाच मूलद्रव्याच्या समस्थानिकांमध्ये जेवढे साम्य असते त्यापेक्षा त्यांच्या सादृश्यात फारसा फरक आढळणार नाही.

याचे कारण असे की या कुटुंबातील मूलद्रव्यांच्या अणूंच्या बाहेरील तीन कक्षा अगदी एकसारख्या असतील. फक्त शेवटून चौथी कक्षा क्रमवार मालिकेत भरली जाईल. अशा प्रकाराच्या बाबतीत, रासायनिक गुणधर्मांमध्ये वास येण्याइतपत तरी फरक पडणे शक्य होईल का?

आपल्या ध्यानात असेलच की या पुस्तकातील एका कथेस "चौदा जुळी भावंडे" असे नाव दिले आहे. आपल्या आताच्या या काल्पनिक कुटुंबाचे असे काही वर्णन करावयाचे ठरविल्यास खूपच विचार करावा लागेल. तरीसुद्धा अचूक शीर्षक सापडेल की नाही कोण जाणे. "अठरा एकसारखी मूलद्रव्ये," किंवा "मूलद्रव्ये अठरा पण जणू एकच!" असे काहीसे म्हणावे लागेल. "जुळी" हा शब्द त्याना लागूच पडत नाही.

तथापि हे पुस्तक म्हणजे कल्पनारम्य अशी विज्ञानकथा नाही. त्यामुळे या बाबतीतील मतभेद काही काळ दूर ठेवू या.

पण एक मुद्दा राहिलाच. या सर्वस्वी एकसारख्या मूलद्रव्यांची आवर्ती पद्धतीत कशा प्रकारची रचना असेल?

खरे सांगावयाचे झाल्यास या बाबतीत आमची आम्हालाच पुरेशी कल्पना नाही. तुम्हास ठाऊक झालेच आहे की लँथानाइडे आणि ॲक्टिनाइडे यांच्या स्थानांबाबत अजूनही मतभेद आहेत. वास्तविक त्यांचा प्रश्न तसा साधा आहे. या नव्या अठरा मूलद्रव्यांच्या जागांबाबत आणखी एका प्रश्नाची त्यात भरच पडेल.

आम्ही आपणास दीर्घायुष्य चिंतितो; अशासाठी की वरील समस्यांची थोडीफार उकल पहावयाचे भाग्य आपणाला लाभावे. तथापि, विशाल घरात या अठराना जागा देण्याबाबतचा प्रश्न व्यावहारिक ठरण्याची वेळ येईपर्यंत आमच्या वाचकांपैकी कोणी हयात असेल असे मात्र वाटत नाही. पण आमच्या वाचकांच्या भावी पिढ्याना मात्र हा प्रश्न नक्कीच सोडवावा लागेल.

मूलद्रव्यांचे नोंदणी पुस्तक

एका चमत्कारिक माणसास, ताऱ्यांबद्दल, त्यांच्या अंतरंगाबद्दल, ते प्रकाशतात का इत्यादी माहिती सांगितली गेली. ती सारी ऐकून त्याने मोठ्या उत्सुकतेने विचारले, "हे सगळे ठीक आहे. पण मला एक सांगा, खगोलशास्त्रज्ञानी वेगवेगळ्या ताऱ्यांची नावे कशी काय शोधून काढली?"

ताऱ्यांच्या नोंदणी पुस्तकात शेकडो, हजारो नावे आढळतात. पण असे समजू नका की आर्क्टुरस ऊर्फ स्वाती किंवा लायरा ऊर्फ स्वरमंडल किंवा सिग्नुस ऊर्फ हंस अशी सुंदर नावे साऱ्याच ताऱ्याना दिली गेली आहेत. ताऱ्यांच्या नोंदींसाठी खगोलशास्त्रज्ञ संकेताक्षरे वापरणे अधिक श्रेयस्कर मानतात. त्यात आकडे आणि अक्षरे वापरली जातात. तसे केले नाही तर फारच गोंधळ उडेल.

त्यांच्या सहाय्याने तज्ज्ञास ताऱ्याची स्थाननिश्चिती आणि वर्णपटीय वर्ग नक्की करता येतात.

ताऱ्यांच्या तुलनेने मूलद्रव्यांची संख्या अगदीच क्षुल्लक आहे. पण त्यांच्या नावांमागे काही रोमहर्षक कथा दडलेल्या आहेतच. नामकरण करताना निदान एखादा गुणधर्म तरी सूचित होईल असेही पाहिले गेले. पण ही झाली रूक्ष नावे, त्यात आकर्षकता, वेधकता सापडणार नाही. हायड्रोजन ("पाणी निर्माण करणारा" अशा अर्थाच्या मूळ ग्रीक शब्दापासून), ऑक्सिजन (अम्ल निर्माण करणारा), फॉस्फरस (प्रकाश देणारा) ही अशी काही उदाहरणे असून या मूलद्रव्यांच्या महत्त्वाच्या गुणधर्मांचे त्यात प्रतिबिंब पहावयास मिळते.

सूर्यमालेतील ग्रहांची नावेही मूलद्रव्यांना मिळालेली आहेत . सेलेनिअम व टेल्युरिअम (अनुक्रमे चंद्र व पृथ्वी यांना असणारे ग्रीक शब्द), तसेच युरेनिअम, नेप्च्युनिअम आणि प्लूटोनिअम ही नावे अनुक्रमे युरॅनस, नेप्च्यून आणि प्लूटो यांची निदर्शक आहेत. इतर काही नावे पुराणकथामधून घेतलेली आढळतात. त्यापैकी एक म्हणजे टॅंटॅलम. हे नाव ग्रीक पुराणकथेतून घेतले आहे. झिऊस राजाचा टॅंटॅलस हा फार लाडका मुलगा होता, पण त्याने देवांचा अपमान केल्यामुळे त्यास अति कठोर शिक्षा दिली गेली. पाण्यामध्ये त्यास गळ्यापर्यंत उभे रहावे लागले. तहान भागविण्यासाठी त्याने पाणी पिण्याचा प्रयत्न करताच पाणी ओसरत असे आणि भूक भागविण्यासाठी वर असणाऱ्या फांद्यांवरील रसदार फळे तोडण्यासाठी हात वर करताच फांद्या उंचावत. खनिजातील टॅंटॅलम मूलद्रव्य वेगळे करण्याच्या प्रयत्नात रसायनशास्त्रज्ञांच्या नशिबी ज्या हालअपेष्टा आल्या त्यांची तुलना झिऊसच्या मुलाशीच करता येईल...

टायटॅनिअम आणि व्हॅनॅडिअम ही नावेसुद्धा ग्रीक पुराणकथांमधून उचललेली आहेत.

अशीही मूलद्रव्ये आहेत की ज्यांची नावे एखाद्या देशाच्या किंवा खंडाच्या सन्मानार्थ दिली गेली. जर्मानिअम (जर्मनी); गॅलिअम (गॉल हे फ्रान्सचे प्राचीन नाव); पोलोनिअम (पोलंड); स्कॅंडिअम (स्कॅंडिनेव्हिआ);

फ्रांसिअम ; रूदेनिअम (रशियाचे रूदेनिआ हे लॅटिन नाव) ; युरेनिअम आणि अमेरिसिअम ही ती नावे होत. काही मूलद्रव्याना गावाची नावे मिळाली. ती म्हणजे हाफ्निअम (कोपेनहेगन), ल्युटेशिअम (ल्युटेशिआ हे पॅरिसचे लॅटिन नाव). बर्केलिअम (अमेरिकेतील बर्क्ली या गावाच्या सन्मानार्थ), इट्रिअम, टर्बिअम, एर्बिअम, इटरबिअम (ज्या गावात ही मूलद्रव्ये असणारे खनिज प्रथम आढळले ते स्वीडनमधले इटर्बी हे छोटेसे गाव).

काही शास्त्रज्ञांच्या स्मृती अमर करण्याच्या हेतूनेही त्यांची नावे मूलद्रव्याना दिली गेली. क्युरिअम, फर्मिअम, आईनस्टिनिअम, लॉरेंझिअम व मेंडेलेव्हिअम ही ती नावे होत.

संश्लेषणमार्गे तयार केल्या गेलेल्या एका मूलद्रव्याचे मात्र आज तारखेपावेतो नामकरण झालेले नाही. त्याचा क्रमांक आहे १०२.

तथापि, प्राचीन काळापासून चालत आलेली काही नावे कशी काय प्रचारात आली किंवा कुणी ठेवली याबाबत शास्त्रज्ञांमध्ये एकमत नाही. सल्फरला सल्फरच का म्हणावयाचे, टिनला टिनच का, आयर्नला आयर्नच... असे का याचे कारण कोणालाच ठाऊक नाही.

रासायनिक मूलद्रव्यांच्या नोंदणीपुस्तकात किती चित्रविचित्र प्रकार पहावयास मिळतात !

तोंडात शेपूट धरलेला सर्प



रसायनशास्त्राची ओजस्विता

या पृथ्वीवर आपणाभोवती जे जे काही दिसते ते बहुतांशाने रासायनिक मूलद्रव्यांपासून तयार झालेल्या संयुगानी बनलेले आहे.

पृथ्वीवरील फारच थोडा भाग निव्वळ मूलद्रव्यांच्या स्वरूपात आहे. अक्रियाशिल वायु, प्लॅटिनम-समूह, कार्बन व त्याची विविध रूपे, बस्स. यापेक्षा जास्त नाही.

फार प्राचीन काळी आपली पृथ्वी ज्यापासून बनली अशा वैश्विक पदार्थांच्या ढगात सुमारे शंभरएक मूलद्रव्यांचे केवळ अणुच अस्तित्वात असावेत. हजारो नव्हे, लाखो वर्षे लोटली. परिस्थितीही बदलली. अणूंची एकमेकांशी प्रक्रिया घडण्यास सुरुवात झाली. निसर्गाची महाप्रचंड प्रयोगशाळा कार्यान्वित झाली. उत्क्रांतीच्या दीर्घ कालखंडात निसर्गरूप रसायज्ञ सर्व प्रकारचे पदार्थ तयार करण्यास शिकला, पाण्यासारख्या साध्या पदार्थापासून ते जटिल रचनेच्या प्रथिनांपर्यंत.

या ग्रहावरी उत्क्रांती आणि जीवन अस्तित्वात येण्यात रसायनशास्त्राचा सिंहाचा वाटा आहे.

रासायनिक संयुगांमध्ये जी विविधता आढळते त्याचे कारण रासायनिक प्रक्रिया अस्तित्वात आहे म्हणून. त्या ओजस्वी, चैतन्यमय प्रक्रिया हे साऱ्या वस्तुमात्रांचे मूळ आहे. या जगात किती रासायनिक प्रक्रिया घडत असतील त्याचा जुजबी अंदाज घेणे कल्पनेच्या पलिकडचे आहे, आणि त्यासुद्धा एका सेकंदाच्या कालावधीत!

आपलेच उदाहरण पहाना. आपण सहजगत्या 'सेकंद' हा शब्द उच्चारतो खरे पण तो उच्चारण्यापूर्वी क्षणार्धात कितीतरी रासायनिक प्रक्रिया मेंदूमध्ये घडून येतात. त्या आपणास कधीच दिसत नाहीत खरे, पण दिसणाऱ्या अशा अगणित प्रक्रिया नित्य अवतीभोवती घडत असतात, आपण त्याकडे नजरही टाकीत नाही...

...आपण कडक चहाच्या कपात लिंबू पिळतो आणि तो फिकट होतो. आगकाडी पेटविताच ज्वाला निर्माण होते आणि काडीचे कोळशात रूपांतर होते.

या साऱ्या रासायनिक प्रक्रियाच आहेत.

अग्नी पेटविणारा पहिला माणूस हा पहिला रसायज्ञ होय. आपल्या इच्छेनुसार त्याने पहिली रासायनिक प्रक्रिया घडवून आणली व ती म्हणजे ज्वलनाची. मानवजातीच्या साऱ्या इतिहासात अत्यंत महत्त्वाची आणि अत्यंत जरूरीची अशी ही प्रक्रिया होय.

आपल्या त्या प्राचीन पूर्वजास, थंडीच्या दिवसात घर उबदार ठेवण्यास उष्णता मिळू लागली, आणि आपल्या या आजच्या काळात कित्येक टन वजनाची अवकाशयाने अंतराळात प्रक्षेपित करता आली. माणसास प्रथमतःच अग्नी उपलब्ध करून देणाऱ्या प्रोमेथिअसची दंतकथा ही खरी तर पहिल्या रासायनिक प्रक्रियेचीच दंतकथा ठरली.

जेव्हा साधेसुधे किंवा गुंतागुंतीच्या रचनेचे पदार्थ आपापसात प्रक्रिया पावतात तेव्हा त्यांचे काय होईल ते आपणास समजू शकतो.

सल्फ्यूरिक अम्लामध्ये जस्ताचा एक तुकडा टाका बरे. ताबडतोब वायूचे बुडबुडे येण्यास सुरुवात होईल आणि थोड्याच वेळात तुकडा नाहीसा होईल. हे सारे कसे घडते ते तुम्ही समक्ष पाहू शकता.

किंवा, गंधकाची कांडी पेटवा. ती निळ्या रंगाच्या ज्वालेत जळू लागेल आणि गुदमरून टाकणाऱ्या सल्फर डायॉक्साईडचा वास घेता येईल. गंधक ऊर्फ सल्फर ऑक्सिजनशी संयोग पावताच हा वायू तयार होतो.

निर्जल कॉपर सल्फेट $CuSO_4$, पाणी टाकून ओलसर करा, ते लगेच निळे

दिसू लागेल. हा क्षार पाण्याबरोबर संयोगित होताच मोरचूद ऊर्फ ब्यू व्हिट्रि-ऑलचे, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, स्फटिक तयार होतात.

चुना (भाजलेली चुनखडी) विरविणे म्हणजे काय ते तुम्हाला ठाऊक आहे काय? या भाजलेल्या चुनखडीवर (चुनकळीवर) पाणी टाकले जाते आणि त्यामुळे विरविलेला चुना, $Ca(OH)_2$, तयार होतो. या प्रक्रियेत कोणताच रंगबदल होत नसला तरी प्रक्रिया घडत असल्याचे दृष्टोत्पत्तीस येते, कारण पाणी टाकताच मोठ्या प्रमाणात उष्णता निर्माण होते.

कोणत्याही रासायनिक प्रक्रियेसाठी मूलभूत आणि निश्चित स्वरूपाची अट ही की ती घडत असताना ऊष्णता निर्माण तरी होते किंवा शोषिली तरी जाते. कधी कधी एवढ्या प्रमाणात उष्णता निर्माण होते की ती अगदी सहज जाणवते. जेव्हा उष्णता खूपच कमी प्रमाणात निर्माण होते तेव्हा तिचे मोजमाप करण्या-साठी खास पद्धती व उपकरणे वापरली जातात.

विद्युल्लता आणि कासव

स्फोट म्हणजे एक भयंकरच प्रकार. तो अचानक, क्षणार्धात होत असल्या-मुळे भयानक असतो.

पण स्फोट म्हणजे तरी काय? खरे तर, ज्यामध्ये मोठ्या प्रमाणात वायू निर्माण होतात अशी ती एक साधी रासायनिक प्रक्रियाच आहे. काही रासायनिक प्रक्रिया क्षणार्धात घडतात, त्यांचे हे एक उदाहरण आहे. बंदुकीची, सुरुंगाची अथवा बॉम्बगोळ्यातील दारू यांचे ज्वलन ऊर्फ स्फोट या प्रकारचा असतो.

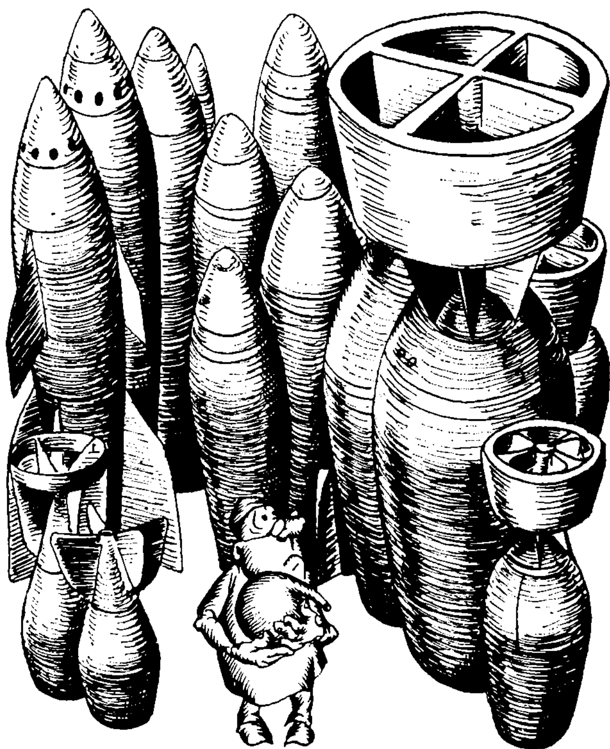
पण हे उदाहरण फार टोकाचे झाले. अनेक प्रक्रिया घडून येण्यास काही वेळ आवश्यक असतो.

अशाही अनेक प्रक्रिया आहेत की ज्या लक्षात न येण्याएवढ्या मंद गतीने चालतात.

कल्पना करा की एका काचेच्या पेल्यात, पाण्याचे घटक हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन यांचे मिश्रण आहे. ते पेल्यामध्ये निव्वळ मिश्रणाच्या स्वरूपात खूप

दीर्घकाळ, काही महिने, वर्षे, शंभर वर्षेही राहतील आणि पाण्याचा एक बिंदूही पृष्ठभागी दिसणार नाही. एखाद्यास असे वाटेल की हायड्रोजन, ऑक्सिजनशी संयोग पावत नसावा. पण प्रत्यक्षात तो जरूर संयोग पावत असतो, एवढेच की अतिशय मंद गतीने. पेल्याच्या तळाशी जाणवण्याएवढे पाणी तयार होण्यास हजारो वर्षे हवीत.

हे असे का? कारण रोजच्या घरगुती तपमानात (१५-२० अंश से.). हायड्रोजन अत्यंत सावकाशपणे ऑक्सिजनशी संयोग पावतो. पण जर आपण पेला



तापविला तर पाण्याचा थर दिसू लागेल आणि प्रक्रिया चालू असल्याचे ध्यानात येईल. ५५० अंश तपमानात पेल्याचे सर्वत्र तुकडे उडतील कारण या तपमानास हायड्रोजन ऑक्सिजनशी स्फोटरुपात अचानक संयोग पावतो.

मंद गतीच्या कासवाना तडिताप्रमाणे वेगवान करण्याचाच हा प्रकार झाला. उष्णतेमुळे रासायनिक प्रक्रिया वेगाने का घडाव्यात?

मुक्त अवस्थेत हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन H_2 व O_2 अशा रेणूंच्या स्वरूपात असतात. पाण्याचा रेणु तयार होण्यासाठी ते एकमेकांवर आदळले पाहिजेत. या आदळण्याचे प्रमाण जेवढे अधिक तेवढी पाण्याचा रेणु तयार होण्याची शक्यता जास्त. नेहमीच्या घरगुती तपमानात आणि दाबाखाली प्रत्येक हायड्रोजन रेणू ऑक्सिजनच्या रेणूवर दर सेकंदास शंभर कोटी पेक्षाही जास्त वेळा आदळतो. प्रत्येक आदळण्यातून रासायनिक आंतर-प्रक्रिया घडली तर एक-शंभर कोटचांश सेकंदात, स्फोटापेक्षाही जास्त वेगाने प्रक्रिया घडून येईल.

पण आपल्या पेल्यात, आज, उद्या किंवा दहा वर्षानंतरही कोणताच बदल पहावयास मिळत नाही. सर्वसाधारण परिस्थितीत आदळण्याच्या क्रियेचे रासायनिक प्रक्रियेत रूपांतर होणे फारच दुर्मिळ असते. अडचण ही की हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन हे रेणूंच्या स्वरूपात आदळतात. त्यांच्यात प्रक्रिया घडून येण्यापूर्वी रेणूंचे प्रथम अणूंमध्ये विभाजन झाले पाहिजे. अधिक शास्त्रीय भाषेत सांगावयाचे झाल्यास रेणूंतील ऑक्सिजनच्या अणूंमध्ये जो संयुजा बंध असतो तो कमजोर करणे जरूरी आहे. तसेच हे बंधन एवढे कमजोर झाले पाहिजे की भिन्नस्वरूपी हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन यांच्या अणूंच्या एकत्रिकरणाच्या आड ते येणार नाही. घोडयाला जसा चाबूक तसे प्रक्रिया वेगाने होण्यास तपमान. तपमानामुळे आदळण्याची संख्या कित्येक पटीनी वाढते. रेणूंचे स्पंदन वेगाने होते आणि संयुजा बंध ढिले पडतात. मग जेव्हा ऑक्सिजन आणि हायड्रोजन रेणुस्वरूपात भेटतात ते जणू त्वरित प्रक्रिया पावण्यासाठीच!

पुढील प्रमाणे कल्पना करून पहा बरे.

हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन एकमेकांच्या सान्निध्यात येतात न येतात तोच पाण्याचे बाष्प दिसू लागले. लोखंडी वस्तुचा पाण्याशी संबंध येतो न येतो तोच ती गंजून गेली आणि काही कालान्तराने तिचे आयर्न ऑक्साइडच्या चूर्णात रूपांतर झाले.

जगातील साऱ्याच रासायनिक प्रक्रिया डोळ्याचे पाते लवते न लवते तोच घडून येतात. रेणूंची जी काही ऊर्जा असते. त्या ऊर्जेच्या निरपेक्ष ते एकमेकांशी प्रक्रिया पावतात. दोन रेणूंच्या एकमेकावर आदळण्याचा परिणाम त्यांच्या रासायनिक संयुगीकरणात होतो.

प्रत्यक्षात जर असे असेल तर मग पृथ्वीवरील सारे धातु, ऑक्सिडिकरणामुळे केव्हाच नाहीसे होतील. अगदी गुंतागुंतीचे कार्बनी म्हणजे जीवमात्रातील पेशी व तत्सम संयुगे यांचे सरळ रचनेच्या, अधिक स्थैर्य असणाऱ्या संयुगात रूपांतर होईल.

अशा प्रकारचे जग मोठे विचित्र ठरेल. जीवनविरहित, रसायनशास्त्राचा मागमूस नसलेले आणि चांगली स्थिरस्वरूपी आणि कोणत्याही रासायनिक प्रक्रियेत भाग घेण्यास उत्सुक नसलेली संयुगेच सर्वत्र आढळतील.

सुदैवाने अशा दुःस्वप्नाची भीती बाळगण्याचे कारण नाही. ही जागतिक आपत्ती टाळणारा एक अद्भूत अडथळा अस्तित्वात आहे. या अडथळ्याचे नाव आहे "कार्यप्रवणशील शक्ती." रेणूंची आपापसातील प्रक्रिया सुरू करण्यास किंवा चालू ठेवण्यास अशा प्रकारच्या शक्तीची जरूरी असते. रेणूंची ऊर्जा या कार्यप्रवणशील ऊर्जेएवढी किंवा जास्त असेल तरच रेणु रासायनिक प्रक्रियेत भाग घेतील.

नेहमीच्या घरगुती तपमानातसुद्धा काही रेणूंची, उदाहरणार्थ, ऑक्सिजन व हायड्रोजन या रेणूंची ऊर्जा कार्यप्रवणशील शक्ती एवढी किंवा जास्तही असू

शकते. म्हणूनच, मंद गतीने का होईना, पाणी याही परिस्थितीत तयार होते. ही प्रक्रिया मंद गतीने चालते कारण पुरेशी ऊर्जा असणाऱ्या रेणूंची संख्या कमी असते. पण वाढते तपमान अधिकाधिक रेणूना या कार्यप्रवणशील अडथळ्यापाशी किंवा त्याच्या पलिकडे नेते आणि मग ऑक्सिजन व हायड्रोजन यांच्यातील रासायनिक आंतर प्रक्रियांची संख्या प्रचंड प्रमाणात वाढते.

तोंडात शेपूट धरलेला सर्प!

अति प्राचीन काळापासून औषधी किंवा वैद्यकशास्त्राचे खास असे एक प्रतीक आहे. आज अनेक देशातील सैनिकी क्षेत्रातील डॉक्टरमंडळी आपल्या कोटावर, एका पात्राभोवती सापाचे वेटोळे असणारे चिन्ह धारण करतात.

रसायनशास्त्रातही यासारखेच एक प्रतीक आहे, ते म्हणजे तोंडात शेपटी धरलेल्या सापाचे.

प्राचीन काळात अशा प्रकारच्या गूढ प्रतिकांचा वापर फार प्रचलित होता. त्यांचा काय अर्थ असावा हे सांगणे आजही शक्य होत नाही.

प्राचीन गूढ प्रतिकांची जरी ही स्थिती असली तरी आपल्या रसायनशास्त्रातील वर उल्लेखिलेले चिन्ह मात्र तसे नाही. त्याचा अर्थ अगदी स्वच्छ आहे. व्युत्क्रमी (उलटसुलट) रासायनिक प्रक्रियांचे ते प्रतीक आहे.

असे पहा की हायड्रोजनचे दोन रेणु व ऑक्सिजनचा एक रेणु एकत्रित होऊन पाण्याचा रेणु तयार होतो. याच वेळी पाण्याचा दुसरा एखादा रेणु विघटित होऊन त्याचे घटक वेगळे होतात. या दोन परस्पर विरुद्ध अथवा व्युत्क्रमी प्रक्रिया एकाच क्षणी घडतात: पाणी तयार होणे (अग्रगामी प्रक्रिया) आणि त्याचे विघटन होणे (पश्चगामी प्रक्रिया). रसायनशास्त्राच्या चिन्हांच्या भाषेत या दोन विरुद्ध स्वरूपाच्या प्रक्रिया अशा दाखवितात : $2H_2 + O_2 \rightleftarrows 2H_2O$. उजवी बाजू दाखविणाऱ्या बाणामुळे अग्रगामी प्रक्रिया सुचविली जाते तर डावी बाजू दाखविणारा बाण पश्चगामी प्रक्रिया सूचित करतो.



मूलत: सर्व रासायनिक प्रक्रिया व्युत्क्रमी असतात. यास कोणताही अपवाद नाही. सुरुवातीस अग्रगामी प्रक्रियेचे वर्चस्व असते. पाण्याचे रेणु तयार करण्याकडे तराजूचे पारडे झुकते. नंतर विरुद्ध अशी पश्चगामी प्रक्रिया वाढू लागते. अखेर अशी वेळ येते की संयोग पावणाऱ्या रेणूंची संख्या, विघटन पावणाऱ्या रेणूंच्या संख्येएवढी होते. तसे झाले की दोन्ही प्रक्रिया, डावीकडून उजवीकडे होणारी व उजवीकडून डावीकडे होणारी, समान प्रमाणात चालू राहतात. या स्थितीस, समतोल स्थिती अस्तित्वात आली असे रसायज्ञ म्हणतात. प्रत्येक रासायनिक प्रक्रियेत लवकर किंवा उशिरा ही स्थिती निर्माण होतेच होते. काही प्रक्रियात ती अचानक अस्तित्वात येईल तर काहींच्या बाबतीत, काही तासानी, दिवसानी किंवा आठवड्यानी ती अस्तित्वात येईल.

आपल्या प्रत्यक्ष घडामोडीत, रसायनशास्त्राचे दोन हेतू असतात: पहिला हा की कोणतीही रासायनिक प्रक्रिया पूर्णत्वास जावी, म्हणजेच मूळ पदार्थ एकमेकांशी पूर्णत्वाने प्रक्रिया पावावेत. दुसरा हेतू हा की प्रक्रियांमधून हवा असणारा पदार्थ, जास्तीत जास्त प्रमाणात मिळावा. हे हेतू साध्य होण्यासाठी अस्तित्वात येणारी रासायनिक समतोल स्थिती जेवढी पुढे ढकलता येईल तेवढी ढकलली गेली पाहिजे. अग्रगामी प्रक्रिया चालू राहू दे पण पश्चगामी क्रिया घडता कामा नये.

अशा वेळी रसायज्ञाला गणिती बनणे जरूरी असते. तयार होणारा पदार्थ आणि त्यासाठी सुरुवातीस घेतलेले पदार्थ यातील गुणोत्तर तो काढतो.

हे गुणोत्तर अपूर्णांकात असते. कोणत्याही गुणोत्तराचा अंश जेवढा मोठा आणि छेद लहान, तेवढा तो अपूर्णांक मोठा ठरतो.

जर अग्रगामी प्रक्रियेचे वर्चस्व असेल तर ठराविक वेळेत तयार होणाऱ्या पदार्थांचे प्रमाण, प्रक्रियेत भाग घेणाऱ्या मूळ पदार्थांच्या प्रमाणापेक्षा अधिक राहील. छेदापेक्षा अंश मोठा असेल आणि याची अनियमित अशा गुणोत्तरात परिणती होईल. या उलट होणाऱ्या घटनेत नियमित स्वरूपाचे गुणोत्तर राहील.

रसायज्ञ या अपूर्णांकाच्या मूल्यास, प्रक्रियेचा समतोल-स्थिरांक असे म्हणतात व हे मूल्य K या अक्षराने दाखवितात. प्रक्रियेतून अत्यधिक प्रमाणात तयार होणारा पदार्थ मिळावा असे जर वाटत असेल तर प्रथमतः वेगवेगळ्या तपमानातील K चे मूल्य ठरविणे आवश्यक आहे.

प्रत्यक्षात या अंकगणिताचे स्वरूप कसे असते ते पहा.

नेहमीच्या घरगुती तपमानास अमोनिया संश्लेषित करण्यासाठी K चे मूल्य १००,०००,००० आहे. अशा परिस्थितीत नायट्रोजन आणि हायड्रोजनच्या मिश्रणाचे अमोनियातील रूपांतर क्षणार्धात, म्हणजेच तात्काळ झाले पाहिजे. पण तसे होत नाही. अग्रगामी प्रक्रिया फार मंद असते. तपमान वाढविल्यास काही फायदा होईल का?

वरील मिश्रण आपण ५०० अंश से. पर्यंत तापविले...

पण रसायज्ञ मात्र आपल्यावरच खेकसेल:

"हा काय प्रकार तुम्ही चालविला आहे? त्यामुळे नखभरसुद्धा अमोनिया मिळणार नाही."

त्याचे म्हणणे बरोबर असून अगदी योग्य वेळी त्याने आपणास दटावले आहे. त्याच्या गणितानेच त्यास तसे सांगितले आहे. हे गणित काय दाखविते ते पहा: ५०० अंश तपमानात K चे मूल्य फक्त सहा हजार म्हणजे $6 \cdot 10^3$ भरते! पश्चगामी प्रक्रियेस ($2NH_3 \longrightarrow 3H_2 + N_2$) दाखविलेला हा हिरवा कंदीलच. आपण मात्र मिश्रण तापवीत बसलो असतो आणि काहीच कसे मिळत नाही या आश्चर्यात बुडालो असतो...

अमोनियाच्या संश्लेषणासाठी कमी तपमान आणि अत्यधिक दाब हे दोन अत्यावश्यक आणि अत्यंत अनुकूल असे घटक आहेत. रसायनशास्त्राच्या राज्या-

तील आणखी एका कायद्याखाली येणारा हा प्रदेश आहे. या कायद्यास किंवा तत्वास ली चॅटरलीअरचे तत्त्व असे म्हटले जाते. शोधकाचेच नाव त्यास दिलेले आहे.

कल्पना करा की एक स्प्रिंग पक्क्या आधारास जोडली आहे. ती जर ताणली नाही किंवा संकोचित केली नाही तर ती समतोलावस्थेत आहे असे म्हणता येईल. पण जर ती ताणली किंवा दाबली तर समतोलावस्था बिघडेल. त्याबरोबरच स्प्रिंगमधील स्थितीस्थापक प्रेरणा, ज्या संकोचन किंवा ताणास विरोधी असतील त्या वाढू लागतील. अखेरीस एक क्षण असा येईल की दोन्ही प्रेरणा एकमेकींना तोलतील. स्प्रिंग पुन्हा समतोलावस्थेत येईल पण पूर्वीप्रमाणे नाही. ही नवी समतोलावस्था संकोचन किंवा ताण यांच्या बाजूस झुकणारी असेल.

स्प्रिंगच्या समतोल स्थितीत होणारा बदल म्हणजे ली चॅटेरलिअरच्या तत्त्वाचा काय परिणाम असतो हे दर्शविणारे प्रतीकरूप उदाहरण आहे. ते ढोबळ असेलही. रसायनशास्त्रात ते कसे बसते ते पहा. समतोल स्थितीत असणाऱ्या एखाद्या पद्धतीवर बाह्य प्रेरणा काही कार्य करीत आहे असे समजू या. अशा वेळी बाह्य प्रेरणेमार्फत दर्शविल्या जाणाऱ्या दिशेत समतोलस्थिती पालटेल. बाह्य प्रेरणेस तोलणाऱ्या प्रक्रियात्मक प्रेरणा अस्तित्वात येईपर्यंत हे पालटणे किंवा सरकणे चालू राहील.

या दृष्टीने अमोनियाच्या उत्पादनाकडे पाहू या. त्याच्या संश्लेषणाचे समी-करण असे दर्शविते की वायूचे चार भाग (आकारमानानुसार, तीन भाग हाय-ड्रोजन व एक भाग नायट्रोजन यानी तयार होणारे), वायुमय अमोनिआचे दोन भाग देतात ($2NH_3$) बाह्य दाब वाढविण्यामुळे आकारमान कमी होते. या बाबतीत दाबाचा प्रभाव फायदेशीर ठरतो. "स्प्रिंग संकोचित केली गेली आहे." प्रक्रिया मुख्यत्वेकरून डावीकडून उजवीकडे चालू राहते : $3H_2 + N_2 \rightarrow 2NH_3$, आणि अमोनियाचे वाढीव उत्पादन मिळते.

अमोनियाच्या संश्लेषणातून उष्णता बाहेर टाकली जाते. आपण जर मिश्रण

तापविले तर प्रक्रिया उजवीकडून डावीकडे चालू होईल आणि प्रक्रियेत भाग घेणाऱ्यांचे ($3H_2$ व N_2) आकारमान उत्पादित होणाऱ्या पदार्थापेक्षा ($2NH_3$) मोठे होईल. उष्णतेमुळे वायूंचे आकारमान वाढते हे आपणास ठाऊक आहेच. यामुळे पश्चगामी प्रक्रिया, अग्रगामी प्रक्रियेपेक्षा अधिक वेगाने चालू राहील, वर्चस्व गाजवेल. या ठिकाणी "स्प्रिंग ताणली जाईल."

दोन्ही प्रभावांच्या खाली नवे समतोलत्व अस्तित्वात येईल, पण पहिल्या अवस्थेचा संबंध अमोनियाचे उत्पादन वाढण्याशी असतो दुसऱ्या परिस्थितीत ते वेगाने कमी होते.

कासव आणि विद्युल्लता यांच्या वेगातील अदलाबदल

सुमारे शंभरएक वर्षांपूर्वीची घटना. एका रसायज्ञाने हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन यांचे मिश्रण असलेल्या पात्रात प्लॅटिनमची तार हलकेच सरकविली.

त्याचा परिणाम अत्यंत अनपेक्षित ठरला. पात्र धुक्याने भरून गेले म्हणजेच पाण्याच्या बाष्पाने. तपमान होते तेवढेच राहिले आणि दावातही फरक पडला नाही; पण हायड्रोजन आणि ऑक्सिजनमधल्या ज्या प्रक्रियेस, आकडेमोडीनुसार हजारो वर्षे लागली असती ती काही सेकंदातच घडली.

हे एवढ्यावरच थांबले नाही. दोन वायूना क्षणार्धात संयोगित करण्यास कारणीभूत ठरणाऱ्या त्या प्लॅटिनमच्या तारेत कोणताच फरक पडला नव्हता. तिचे दृश्य स्वरूप, रासायनिक जडणघडण, आणि वजन हे पूर्वीप्रमाणेच जसेच्या तसे होते!

हा रसायज्ञ म्हणजे लोकाना विविध युक्त्याप्रयुक्त्या करून भुलविणारा एखादा जादूगार नव्हता. डॉबरेनर नामक तो एक विचारी संशोधक होता. त्याच्या अनुभवास जो आविष्कार आला त्यास आजकाल उत्प्रेरण असे म्हणतात. कासवास विद्युल्लतेचा वेग देणारे पदार्थ ऊर्फ उत्प्रेरक असे या पदार्थांचे नाव आहे. उत्प्रेरक पदार्थ अक्षरशः हजारो आहेत. घन अथवा चूर्णस्वरूपातील धातु, मूल-

द्रव्यांची वेगवेगळी ऑक्साइड किंवा क्षार अथवा आम्लारी असे विविध पदार्थ उत्प्रेरक म्हणून वापरले जातात. हा वापर शुद्ध स्वरूपात असेल किंवा मिश्र-णाच्या स्वरूपात असेल.

उत्प्रेरक नसेल तर अमोनियाच्या संश्लेषणाची कार्यक्षमता फारच तोकडी ठरते, मग दाब आणि तपमान यात कितीही फेरफार केले तरी फरक पडत नाही. पण उत्प्रेरकाच्या सान्निध्यात जणू जादूची कांडी फिरावी तसा फरक पडतो. ॲल्युमिनियम व पोटॅशिअम ऑक्साइडे व त्यासह नेहमीचे धातुरूप लोह यामुळे प्रक्रिया अतिशय वेगाने होऊ लागते.

उत्प्रेरकांच्या उपयोगामुळेच विसाव्या शतकातील रसायनशास्त्राची भरधाव प्रगती होत गेली. हे एवढ्यावरच थांबत नाही. प्राणिजगतातील व वनस्पति-जगतातील अनेक जीवनदायी प्रक्रिया काही खास प्रकारच्या उत्प्रेरकांमुळेच घडून येतात. त्याना वितंचक अथवा एन्झाइम म्हटले जाते. खरे तर सजीव आणि निर्जिव अशा निसर्गातील साऱ्या रसायनशास्त्राच्या क्षेत्रात या विस्मयकारक प्रवेगकांचे साम्राज्य पसरलेले आहे.

पण जर आपण प्लॅटिनमऐवजी तांब्याची, ॲल्युमिनिअमची किंवा लोहाची तार वापरली तर? पात्राच्या बाजू पाण्याच्या बाष्पाने आच्छादिल्या जातील काय? खेदाची गोष्ट म्हणजे त्या 'जादूमय' प्लॅटिनम तारेच्या सान्निध्यात ऑक्सिजन व हायड्रोजन जसे वागले तसे वागण्याची त्याना मुळीच इच्छा होणार नाही.

प्रत्येक पदार्थामुळे काही विशिष्ट प्रक्रिया प्रवेगित होते असे मुळीच नाही. म्हणूनच रसायज्ञ म्हणतात की उत्प्रेरक हे त्यांचा परिणाम घडविण्याबाबत विवेचक आहेत, डावेउजवे करणारे आहेत. एखाद्या प्रक्रियेवर त्यांचा मनस्वी प्रभाव पडेल तर दुसऱ्या एखाद्या प्रक्रियेकडे ते मुळीच पाहणार नाहीत. यास अपवाद असा सांगता येईल की एकच एक उत्प्रेरक पाचपंचवीस संश्लेषणक्रियाना वेग देतो. उदाहरणार्थ, ॲल्युमिनिअम ऑक्साइड हा उत्प्रेरक पदार्थ तसा असून कार्बनी व अकार्बनी अशा दोन्ही क्षेत्रातील संश्लेषण-क्रियाना तो वेग देतो.

तसेच, वेगवेगळ्या उत्प्रेरकांमुळे एकाच प्रकारच्या पदार्थांचे मिश्रण वेगवेगळ्या प्रकारे प्रक्रिया पावेल आणि त्यापासून भिन्नभिन्न पदार्थ तयार होतील.



उत्प्रेरकांएवढेच आश्चर्यकारक असे वर्धक नामक पदार्थ आहेत. त्यांच्यापुरताच विचार केल्यास ते प्रक्रियेस वेगही देत नाहीत किंवा ती मंदही करीत नाहीत; पण जर ते उत्प्रेरकांबरोबर वापरले तर निव्वळ उत्प्रेरकांपेक्षा किती तरी अधिक पटींनी प्रक्रिया वेगवान करतात. हायड्रोजन आणि ऑक्सिजनच्या मिश्रणात, 'अशुद्ध' द्रव्ये (लोह, ॲल्युमिनियम किंवा सिलिकॉन डायॉक्साइड) असणारी प्लॅटिनमची तार सरकविल्यास फारच विलक्षण परिणाम पहावयास मिळतो.

उत्प्रेरणाचा आणखी एक प्रकार पहावयास मिळतो, तो म्हणजे आतून व बहिर्क्रियाकारी उत्प्रेरण होय. त्याना प्रतिउत्प्रेरण (उत्प्रेरणरोधके आणि पदार्थांना प्रतिउत्प्रेरक किंवा व्यस्त-उत्प्रेरक) असे म्हटले जाते. शास्त्रज्ञ त्यासाठी अवरोधन क्रिया आणि निरोध पदार्थ अशा संज्ञा वापरतात. वेगाने घडणाऱ्या रासायनिक प्रक्रिया मंदाविणे हा त्यांचा उद्देश असतो.

अभिक्रियांची साखळी

असे समजा की एका चंबूत क्लोरिन आणि हायड्रोजन यांचे मिश्रण आहे. सर्वसाधारण परिस्थितीत त्यांच्यातील प्रक्रिया फार मंदगतीने चालते. पण चंबूजवळ मॅग्नेशिअमची तार पेटवून धरा व काय होते ते पहा.

ताबडतोब स्फोट होईल. (ज्याना हा प्रयोग करून पहावयाचा असेल त्यानी जाड तारेच्या जाळीच्या आडोशाने तो पाहण्याची खबरदारी घ्यावी)

क्लोरिन आणि हायड्रोजनच्या मिश्रणाचा प्रखर प्रकाशाच्या सान्निध्यात स्फोट का व्हावा?

याचे उत्तर असे की त्यामध्ये प्रक्रियांची साखळी अंतर्भूत आहे. जर चंबु ७०० अंश तपमानपर्यंत तापविला तरीसुद्धा स्फोट होईल; क्लोरिन आणि हायड्रोजन क्षणार्धात संयोग पावतील. यात आश्चर्य वाटण्याचे कारण नाही, कारण उष्णतेमुळे रेणूंची कार्यप्रवणशील शक्ती अनेक पटीनी वाढविली जाते. पण वरील प्रयोगात तपमानात बदल झालेला नाही. ही प्रक्रिया प्रकाशामुळे घडली आहे.

प्रकाशाचे सूक्ष्म पुंज ऊर्फ क्वांट मोठ्या प्रमाणात ऊर्जाधारक असतात. रेणूंची कार्यप्रवणता वाढविण्यास जेवढी जरूर असते त्यापेक्षा ही ऊर्जा जास्त असते. क्लोरिनचा अणु सहजगत्या जेव्हा एखाद्या प्रकाशपुंजाच्या मार्गात येतो तेव्हा हा पुंज क्लोरिन रेणूस टरकावून त्याचे अणु वेगळे करतो आणि आपली ऊर्जा त्यास प्रदान करतो. यामुळे क्लोरिनचे अणु क्षुब्ध होतात, ऊर्जेने संपन्न होतात. आता कुणाची तरी चिरफाड करण्याची जणू त्यांची पाळी असते. ते हायड्रोजनच्या रेणूवर आदळतात आणि त्याचे अणु मुक्त करतात. त्यापैकी एक क्लोरिनच्या अणूशी संयोगित होतो आणि दुसरा मुक्त राहतो. मुक्त असला तरी तो क्षुब्धावस्थेत असतो. आपल्या ऊर्जेचा काही भाग कुणाला तरी देण्यास तो उत्सुक असतो. पण कुणाला देणार? अर्थात क्लोरिनच्या रेणूसच. तसा तो आदळला की क्लोरिनची सुस्ती उडते आणि वरील घटनेची पुनरावृत्ती होते.

अशा प्रकारे प्रक्रियांची मालिका सुरू होते. तशी ती सुरू झाली की त्यातून निर्माण होणाऱ्या उर्जेमुळे अधिकाधिक रेणु क्षुब्ध होत जातात. एखाद्या पर्वतावरून गडगडणाऱ्या दगडाप्रमाणे या प्रक्रियेचा वेग वाढत जातो आणि दगड दरीत पोहोचल्यावर ज्याप्रमाणे थांबतो तशी ही प्रक्रियाही थांबते. तीमध्ये सर्व रेणु सहभागी झाल्यानंतर, म्हणजेच हायड्रोजन आणि क्लोरिन यांचे सर्व रेणु प्रक्रिया पावले की ती थांबते.

रसायज्ञाना अशा कित्येक साखळी-प्रक्रिया माहीत आहेत. त्या कशाप्रकारे घडून येतात याचा सखोल अभ्यास निकोलाय सेम्योनोव या प्रसिद्ध शास्त्रज्ञाने केला आहे. भौतिक शास्त्रज्ञांचाही अशा साखळी-प्रक्रियांशी चांगलाच परिचय आहे. न्यूट्रॉनमुळे युरेनिअम केंद्रकांचे होणारे विखंडन हे साखळी प्रक्रियेचे भौतिकशास्त्रीय उदाहरण होय.

विजेशी मैत्री

सभोवतालच्या साऱ्याजणांकडून मोठा मान मिळत असणाऱ्या एका ज्ञानी व्यक्तीने स्वतःस लहान मुलांप्रमाणे खेळण्यात गुंतवून घ्यावे हे सुरुवातीस जरा चमत्कारिकच वाटेल.

प्रथम त्याने धातूच्या लहान लहान चकत्या तयार केल्या त्यापैकी पाचपन्नास चकत्या तांबे आणि जस्त यांच्या होत्या. मग त्याने स्पंज घेऊन त्याच्याही गोलाकार चकत्या कापल्या आणि त्या मिठाच्या पाण्यात भिजविल्या. मग त्याने साऱ्या चकत्या एकावर एक ठेवण्यास सुरुवात केली ; एखादे लहान मूल मनोरा रचते त्याप्रमाणे, पण चकत्या रचण्यात त्याने एक विशिष्ट क्रम ठेवला होता ; प्रथम तांब्याची चकती, तीवर स्पंजाची आणि स्पंजावर जस्ताची चकती. या क्रमाने चकत्यांचा मनोरा जेवढा उंच करता येईल तेवढा त्याने उंच केला. मग त्या माणसाने मनोऱ्याच्या वरच्या टोकास आपले ओले केलेले बोट लावले. मनोऱ्यास स्पर्श करताच त्याचा हात बाजूला फेकला गेला. आपण ज्यास आज विजेचा झटका म्हणतो तसा जोरदार झटका त्याला बसला.

इ. स. १८०० मध्ये सुप्रसिद्ध इटालियन शास्त्रज्ञ अॅलेक्सांड्रो व्होल्टा याने वरीलप्रमाणे "गल्व्हानीचा विद्युत घट" तयार केला. विद्युत प्रवाहासाठी रसायनशास्त्राचा असा वापर केला गेला. रासायनिक प्रक्रियेतून त्या 'व्होल्टा स्तंभा' मध्ये वीज तयार झाली.

यातून एक नवी शास्त्रशाखा निर्माण झाली. ती म्हणजे विद्युतरसायनशास्त्र.

बराच काळ वीज उपलब्ध होत राहील असे एक उपकरण शास्त्रज्ञांच्या हाती आले. व्होल्टास्तंभात जोपर्यंत रासायनिक प्रक्रिया चालू असते तोपर्यंत विद्युत्प्रवाह मिळत राहतो.

वेगवेगळ्या पदार्थांवर विद्युत्शक्तीचा कसा परिणाम होतो ते पाहणे मोठे मनोरंजक ठरले.

कार्लाईल आणि निकोलसन या अनुक्रमे डॉक्टर व इंजिनिअर असणाऱ्या दोन इंग्रज व्यक्तींनी पाण्यापासून सुरुवात केली. त्यावेळी, पाणी हे हायड्रोजन व ऑक्सिजन यानी मिळून तयार होते हे सांगण्यास रसायज्ञाना अनेक पुरावे उपलब्ध होते, पण तसे निर्विवादपणे सिद्ध करणे जमत नव्हते.

कार्लाईल आणि निकोलसन यानी १७ होल्टाचे विद्युतघट वापरून तीव्र विद्युत्प्रवाह मिळविला आणि त्यायोगे पाण्याचे विघटन होण्यास सुरुवात झाली. हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन हे दोन वायु विघटनातून मिळाले. थोडक्यात, विद्युत्विच्छेदनाची क्रिया सुरू झाली. विजेच्या साहाय्याने पदार्थांचे घटक वेगवेगळे करण्याचे तंत्र अंमलात आले.

नंबर एकचा शत्रु...

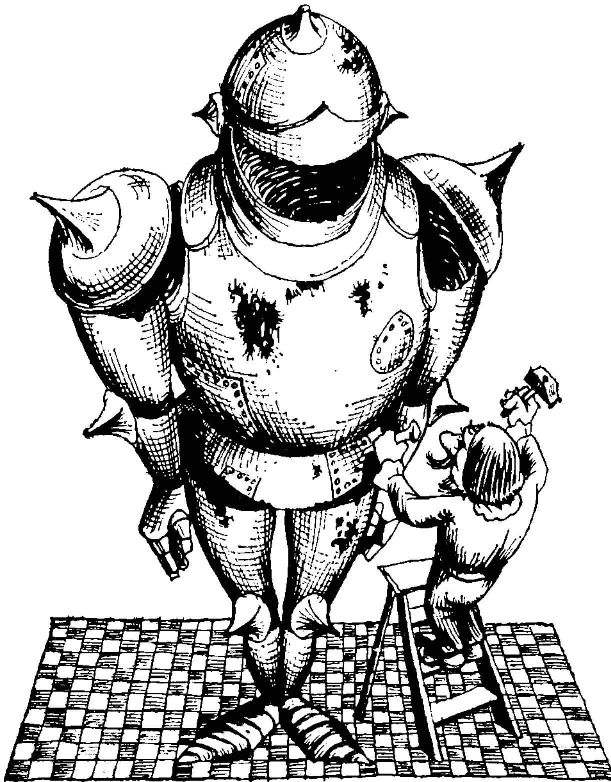
दर वर्षी शेकडो-हजारो झोतभट्ट्यांमार्फत जगात ठिकठिकाणी लोखंड आणि पोलादाची निर्मिती चालू आहे. निरनिराळ्या देशातील अर्थशास्त्रज्ञ लोहाची एकूण किती लाख टनांची निर्मिती झाली आणि पुढील वर्षी किती जरूरी आहे याचा बारकाईने अभ्यास करतात.

हेच अर्थतज्ज्ञ अशी चमत्कारिक गोष्ट सांगतात की प्रत्येक आठवी झोत भट्टी लोखंडाचे उत्पादन करते खरी पण ते निरर्थक असते. किती नवलपूर्ण वस्तुस्थिती! दर वर्षी उत्पादित होणाऱ्या एकूण धातूपैकी बारा टक्के भागास माणूस मुकतो आणि ते अगतिकपणे पाहण्याखेरीज तो दुसरे काहीही करू शकत नाही!

हा शत्रु आपल्या चांगलाच परिचयाचा आहे. गंज! शास्त्रीय भाषेत त्यास धातु-क्षरण म्हणतात.

क्षरण म्हणजे धातूंचे ऑक्सिडिकरण. मुक्तावस्थेत बहुसंख्य धातु स्थिरस्वरूपी नसतात. निव्वळ हवेतसुद्धा धातूंच्या वस्तूंचा चकाकणारा पृष्ठभाग घाणेरड्या आणि तऱ्हेतऱ्हेच्या आकृत्या दाखविणाऱ्या ऑक्साईडने झाकला जातो.

केवळ लोखंड आणि पोलादाच्याच बाबतीतच हे घडते असे नाही. इतर अ-लोहित अशा तांबे, जस्त, कथील इत्यादी धातूंबाबतही हा प्रकार पहावयास मिळतो.



जेव्हा ऑक्सिडिकरण घडते तेव्हा धातु आपले उपयुक्त गुणधर्म गमावून बसतात. ते कमजोर होतात, त्यांचा स्थितीस्थापक गुणधर्म निकृष्ट दर्जाचा होतो आणि विद्युत व उष्णतावाहकता घटत जाते.

एकदा क्षरणक्रिया सुरू झाली की ती अर्धवटपणे थांबत नाही. सावकाशपणे पण निश्चितपणे हा "नारिंगी सैतान" ती वस्तु पूर्णपणे "खाऊन" टाकतो. सुरुवातीला ऑक्सिजनचे काही रेणु धातूच्या वस्तूवर आदळतात आणि गंजाचे पहिले काही रेणु तयार होतात. त्यातून ऑक्साईडचा पापुद्रा तयार होतो. तो चांगला ढिला असतो आणि चाळणीतून गेल्याप्रमाणे धातूचे अणु त्यातून आरपार जातात, ते तात्काळ ऑक्सिडिकरण होण्यासाठीच. ऑक्सिजनचे रेणूही या पापुद्र्याच्या छिद्रातून आरपार जाऊन धातूमध्ये खोलवर शिरतात आणि आपले विध्वंसक कार्य चालू ठेवतात.

रासायनिक परिस्थितीत क्षरणक्रिया फार जोमाने चालते. क्लोरिन, फ्ल्यु-ओरिन, सल्फर डायॉक्साइड आणि हायड्रोजन सल्फाइड हे धातूंचे कट्टर शत्रु आहेत. जेव्हा वायूच्या परिणामामुळे धातूचे क्षरण घडते तेव्हा रसायज्ञ त्यास वायु-क्षरण असे म्हणतात. आणि निरनिराळ्या द्रावणांबाबत काय परिस्थिती आहे? तेही धातूंचे कट्टर शत्रु आहेत. समुद्राच्या पाण्याचेच उदाहरण घ्या. मोठमोठ्या बोटींची अधूनमधून अंतर्बाह्य तपासणी करावी लागते आणि तळाचे व बाजूचे गंजलेले भाग बदलावे लागतात.

एका अमेरिकन लक्षाधिशाला आपल्या चुकीची किती किंमत द्यावी लागली या संबंधीची ही हकिकत ऐका.

त्याने, जगात उत्कृष्ट ठरेल अशी बोट बांधण्याचे ठरवले. तिला "सागर-साद" असे मोठे काव्यमय नाव देण्याचे ठरले. त्याने पैशाकडे पाहिले नाही आणि बोट बांधणाऱ्यानीही नखभर कसूर केली नाही. आता फक्त अंतर्गत सजावट बाकी होती.

पण बोट समुद्रप्रवासावर कधीच जाऊ शकली नाही, तशी संधीच मिळाली

नाही. ज्या दिवशी बोट पाण्यात सोडण्याचे ठरले होते त्याच्या आधी काही दिवस लक्षात आले की ती इथूनतिथून पूर्णपणे गंजून गेली आहे!

असे का व्हावे? कारण गंजण्याची अथवा क्षरणाची क्रिया ही विद्युत्रासायनिक स्वरूपाची असते.

बोट बांधणाऱ्यानी ठरविले की बोटीचा तळ उत्कृष्ठ क्षरणरोधक अशा निकेल-तांबे ऊर्फ जर्मन सिल्व्हर या मिश्रधातूच्या पत्र्याने बांधावयाचा. ही कल्पना जरी महागडी ठरणारी असली तरी उपयुक्तच म्हटली पाहिजे कारण हा मिश्रधातु समुद्राच्या पाण्यामुळे होणाऱ्या क्षरणक्रियेस चांगल्या प्रकारे रोखतो. तथापि तो पुरेसा ताकदवान नसल्यामुळे इतर अनेक भाग दुसऱ्या धातूंमध्ये, खास प्रकारच्या पोलादांमध्ये बांधावे लागले.

नेमके हेच बोटीचे दुर्दैव ठरले. जेथे जेथे जर्मन सिल्व्हर आणि पोलादाचा संबंध आला त्या त्या ठिकाणी तीव्र शक्तीचे गल्व्हानी विद्युत्घट तयार झाले. तळभाग आणि इतर भाग चटकन खराब झाले. एकूण शेवट शोकदायक ठरला.

त्या लक्षाधिशाचे दुःख अवर्णनीय होते आणि बोट बांधणाऱ्यांच्या ध्यानी क्षरणक्रियेचा एक नियम कायमचा ठसला – मुख्य धातूबरोबर वापर होणाऱ्या इतर धातूंमुळे जर विद्युत्घट तयार झाले तर क्षरणक्रियेत तीव्रपणे वाढ होते.

...आणि त्याच्याशी दोन हात

दिल्ली येथे एक मोठा विलक्षण स्तंभ असून तो कित्येक शतकांपासून अस्तित्वात आहे. विलक्षण अशासाठी म्हणावयाचा की तो शुद्ध लोहापासून तयार केलेला आहे. काळाचा त्यावर कोणताच परिणाम झालेला नाही. शेकडो वर्षे उलटली खरी पण तो नेहमीच नव्यासारखा भासतो. त्याच्या बाबतीत क्षरणक्रिया आपली सवय विसरली असावी, कारण ह्या स्तंभास गंजण्याचा स्पर्श नाही.

त्या प्राचीन काळच्या धातुशास्त्रज्ञानी शुद्ध लोह कसे काय मिळवले हे न

उलगडणारे कोडेच ठरले आहे. तो मानवनिर्मित नसेलच असे म्हणण्यापर्यंत काहींची मजल गेली. त्यांच्या मते, इतर कोणत्या तरी जगातले अथवा ग्रहावरचे लोक पृथ्वीवर आले असता हे पदार्पण साजरे करण्यासाठी त्यानीच हा स्तंभ उभारला असणार...

तथापि, स्तंभाच्या निर्मितीभोवती लपेटलेले हे गूढ वलय दूर केले तर एक वस्तुस्थिती स्पष्ट होते की जेवढा धातु शुद्ध तेवढा क्षरणक्रियेचा परिणाम मंदावतो. गंजण्याच्या संकटास यशस्वीपणे तोंड द्यावयाचे असेल तर धातु अत्यंत शुद्ध स्वरूपात वापरला पाहिजे.

नुसती शुद्धता महत्त्वाची नाही तर अशा धातूंच्या साहित्यांचे पृष्ठभाग जास्तीत जास्त सफाईदार केले पाहिजेत. असे आढळते की वेगवेगळ्या 'टेकड्या' आणि 'दऱ्या' यांची क्षरणक्रियेस मदत होत असावी. आदर्श असा गुळगुळित पृष्ठभाग तयार करण्यात शास्त्रज्ञ आणि इंजिनियर याना यश मिळाले आहे. अग्निबाण आणि अवकाशयाने बांधण्याच्या कामी अशा पृष्ठभागांचे साहित्य वापरले जाते.

अशा प्रकारे क्षरणाचा यशप्रश्न सुटला काय? मुळीच नाही. अत्यंत शुद्ध धातु फार महाग, आणि तयार करण्यास अवघड जातात. मोठ्या प्रमाणात त्यांची निर्मिती अशक्यच. त्याऐवजी इंजिनियर मंडळी मिश्रधातु अधिक पसंत करतात कारण त्यांचे गुणधर्म अधिक व्याप्तीचे असतात. त्यात कमीत कमी दोन धातु तर असतातच.

क्षरणक्रियेचे सर्व प्रकार व त्यामागील कारणपरंपरेचा अतिशय सखोल व सांगोपांग अभ्यास केला गेला आहे. विशिष्ट गुणधर्म अभिप्रेत असणारा एखादा नवा मिश्रधातु तयार करावयाचा असेल तर इतर गुणधर्मांबरोबर त्याचे क्षरण विषयक गुणधर्म कसे असतील याचाही सूक्ष्म अभ्यास केला जातो. क्षरणक्रिया यशस्वीरित्या रोखणारे कितीतरी मिश्रधातु आज उपलब्ध आहेत.

आपल्या रोजच्या जीवनात टिनचे पत्रे आणि टिनचे डबे नित्य पहावयास मिळतात. येथे लोखंडावर जस्ताचा किंवा कथिलाचा पातळ थर दिलेला असतो.

हा थर काही काळ क्षरणक्रिया रोखतो. याबरोबरच, ठिकठिकाणी तैलरंगाचा दाट हात दिलेला पहावयास मिळतोच.

क्षरणक्रिया दुर्बळ करणे याचा असाही अर्थ होतो की क्षरणक्रिया निर्माण करणाऱ्या विद्युत्रासायनिक प्रक्रियांचा वेग कमी करणे. कार्बनी आणि अकार्बनी स्वरूपाचे खास पदार्थ या कामासाठी वापरले जातात. त्याना ऋणप्रवेगक म्हटले जाते. ते रासायनिक क्रिया मंदावतात.

सुरुवातीला त्यांचा शोध चुकतमाकत पद्धतीनुसार घेतला जात होता आणि ते योगायोगाने सापडत.

पीटर दि ग्रेटच्याही पूर्वीच्या काळात रशियन कारागीर बंदुकीच्या नळया गंजविरहित करण्यासाठी एक वैचित्र्यपूर्ण पद्धत वापरत असत. या नळया ते गव्हाची टरफले मिसळलेल्या गंधकाम्लाने धूत असत. या खेडवळ पद्धतीने धातु आम्लात न विरघळण्याची ते खबरदारी घेत.

नव्या नव्या ऋणप्रवेगकांचा शोध घेणे हे आता एक केवळ स्वप्न नसून, एक योगायोग अथवा कला नसून बळकट पायावर उभी असलेली एक विज्ञानशाखा आहे. क्षरणरोधक शेकडो प्रकारची रासायनिक ऋणप्रवेगक संयुगे आज उपलब्ध आहेत.

धातु गंजण्याच्या रोगाने 'पछाडला' जाण्यापूर्वीच त्याचे 'आरोग्य' नीट राखण्याचे काम केले पाहिजे. धातूंच्या डॉक्टरांचे – रसायनशास्त्रांचे हे मुख्य काम असते.

तेजस्वी स्रोत

पदार्थाच्या किती अवस्था आहेत? आधुनिक भौतिकशास्त्रज्ञानी सात अवस्था मोजल्या आहेत. त्यापैकी तीन तर प्रत्येकासच ठाऊक आहेत: वायुरूप, घनरूप आणि द्रवरूप. या व्यतिरिक्त ज्या इतर अवस्था आहेत त्या आपणास दैनंदिन जीवनात पहावयास मिळत नाहीत. वरील तीन प्रकारच्या अवस्थांबाबत रसायन-

शास्त्रही अनेक शतके समाधानी होते. अगदी अलिकडच्या काळात म्हणजे दहापंधरा वर्षांपासूनच पदार्थाच्या चौथ्या अवस्थेबाबत रसायनशास्त्र आस्था दाखवू लागले आहे. ही चौथी अवस्था म्हणजे प्लाझ्मा अवस्था होय.

प्लाझ्मा अवस्था म्हणजे वायुरूपच असे म्हणा हवे तर, पण तो साधासुधा वायु मात्र नव्हे. त्यामध्ये उदासिन अणु आणि रेणूंबरोबरच आयन आणि इलेक्ट्रॉनही असतात. साध्या वायूतसुद्धा आयनीकरण झालेले कण असतातच आणि त्या वायूचे तपमान जेवढे जास्त तेवढी या कणांची संख्या अधिक असते. त्यामुळे आयनन झालेला वायु आणि प्लाझ्मा यांची विभागवारी मर्यादारेषा सुस्पष्ट नाही. तथापि, जेव्हा विशिष्ट गुणधर्म दिसू लागतात तेव्हा वायूचे प्लाझ्मामध्ये रूपांतर झाल्याचे समजले जाते.

प्लाझ्मा म्हणजे विश्वाचा स्वामी. सुरुवातीला हे विधान विरोधाभासीच वाटेल. सूर्य आणि तारे तसेच बाह्य अवकाशातील पदार्थ व वायु हे प्लाझ्मा अवस्थेत असतात. या सर्वांना नैसर्गिक प्लाझ्मा म्हटले जाते. पृथ्वीवर मात्र तो प्लाझ्मोट्रॉन नामक खास उपकरणात कृत्रिमरित्या तयार करावा लागतो. त्यामध्ये विविध प्रकारच्या (उदाहरणार्थ हेलिअम, हायड्रोजन, नायट्रोजन, अर्गॉन) वायूंचे विद्युत्कमानींच्या सहाय्याने प्लाझ्मात रूपांतर करण्यात येते. या तेजस्वी स्रोताच्या प्लाझ्माचे, प्लाझ्माट्रॉनच्या निमुळत्या तोटीच्या व चुंबकीय क्षेत्राच्या सहाय्याने संकोचन केले जाते. त्यामुळे प्लाझ्माचे तपमान कित्येक हजार अंशापर्यंत वाढते.

अशा तपमानाचे आकर्षण रसायज्ञाना फार काळापासून खुणावित होते. अनेक रासायनिक प्रक्रियांमध्ये अशा प्रकारचे उच्च तपमान फार महत्त्वाची भूमिका बजावते. अखेर रसायज्ञांचे हे स्वप्न प्रत्यक्षात उतरले. प्लाझ्मारसायन-शास्त्र ही एक नवी शाखा निर्माण झाली. 'थंड' प्लाझ्माचे रसायनशास्त्र असेही त्यास म्हटले जाते.

"थंड प्लाझ्मा" असे का? कारण त्याव्यतिरिक्त कित्येक लाख अंश तपमान असणारा "उष्ण प्लाझ्मा" अस्तित्वात आहे. अशा प्लाझ्माच्या सहाय्याने

हायड्रोजनचे हेलियममध्ये रूपांतर करण्याची नियंत्रित स्वरूपाची अणुप्रक्रिया साधण्याची मनीषा भौतिकशास्त्रज्ञ बाळगून आहेत.

पण रसायज्ञ 'थंड' प्लाझ्मापुरते समाधानी आहेत. दहा हजार अंशाच्या तपमानात रासायनिक प्रक्रियांचा अभ्यास करण्याची कल्पना काय कमी आकर्षक आहे? संशयखोरांच्या मते हे असले काम निरर्थक आहे. त्यांच्या मते या एवढ्या उच्च तपमानात साऱ्या पदार्थांचा निरपवाद शेवट ठरलेला असणार, म्हणजे सारे पदार्थ नाश पावतील आणि अत्यंतिक गुंतागुंतीचे रेणुसुद्धा स्वतंत्र अणु आणि आयनांमध्ये विभाजित होतील.

खरे पाहता प्रत्यक्षात परिस्थिती अधिकच गुंतागुंतीची आहे. प्लाझ्माकेवळ नाश करीत नाहीत तर निर्मितीही करतात. त्यांच्या सहाय्याने नवी रासायनिक संयुगे सहजगत्या संश्लेषित करता येतात आणि त्यापैकी काहींची निर्मिती इतर मार्गाने शक्य नसते. कोणत्याच रसायनशास्त्रच्या पुस्तकात कधीही उल्लेख न करण्यात आलेले असे ते पदार्थ आहेत. Al_2O, Ba_2O_3, SO, SiO, $CaCl$ अशी त्यांची रूपे आहेत. त्यामध्ये मूलद्रव्यांच्या विचित्र आणि विसंगत अशा संयुजा पहावयास मिळतात. हे सारे विवेचन फार विचित्र वाटते खरे, पण प्लाझ्मा रसायनशास्त्राने सध्या तरी पूर्वीपासून ठाऊक असलेल्या महत्त्वाच्या संयुगांचे स्वस्त आणि जलद उत्पादन करण्याचे काम स्वीकारले आहे.

या प्लाझ्मा रसायनशास्त्राच्या काही कामगिरींचा आढावा घेऊ या.

संश्लेषित अशा निरनिराळ्या कार्बनी पदार्थांच्या, उदाहरणार्थ प्लॅस्टिक्स, रबर, रंगद्रव्ये, औषधिद्रव्ये इ. च्या उत्पादनात ॲसिटिलिन हा महत्त्वपूर्ण प्राथमिक पदार्थ असतो. पण ॲसिटिलिन आजही पूर्वीच्याच जुन्या पद्धतीने म्हणजे पाण्यासह कॅल्शियम कार्बाईडचे विघटन करून निर्माण केले जाते. ही पद्धत खर्चिक आणि गैरसोयीची आहे. पण प्लाझ्माट्रॉनमध्ये सारे काही बदलून जाते. त्यामध्ये असणाऱ्या हायड्रोजनच्या प्लाझ्माचे ५००० अंश तपमान असते. एका खास अणुभट्टीत हायड्रोजन प्लाझ्मा आपल्या प्रचंड ऊर्जेसह वापरला जातो.

त्यामध्ये अत्यंत वेगाने मीथेन वायु मिसळला जातो आणि एक-दहाहजारांश सेकंदातच ७५ टक्के मीथेनचे ॲसिटिलिनमध्ये रूपांतर होते.

उत्पादनक्षेत्रातील हे एक विलक्षण, आदर्श उदाहरण आहे असेच म्हणावे लागेल. पण खेदाची वस्तुस्थिती ही की प्रत्येक बाबतीत काही ना काही मेख असतेच. वर सांगितलेल्या वेळेपेक्षा तयार झालेले ॲसिटिलिन आणखी एक क्षण जरी जास्त प्लाझ्माच्या उच्च तपमानात राहिले तर ते ताबडतोब विघटन पावू लागते. ते टाळण्यासाठी तपमान तात्काळ कमी करून योग्य मर्यादेपर्यंत आणले पाहिजे. हीच ती मेख. वेगवेगळ्या मार्गाने तपमान उतरविता येते खरे पण तीच खरी तांत्रिक अडचण आहे. आजपावेतो एकूण तयार होणाऱ्या ॲसिटिलि-नपैकी १५ टक्केच भाग मिळविता येतो. पण हेही काही कमी नाही.

स्वस्त व द्रवरूप अशा हायड्रोकार्बन द्रव्यांपासून प्लाझ्मारसायन पद्धतीने ॲसिटिलिन, एथिलिन आणि प्रॉपेलिन तयार करणाच्या पद्धती प्रयोगशाळेत यशस्वी ठरल्या आहेत.

वातावरणातील नायट्रोजनचे स्थिरीकरण करणे (म्हणजेच हवेतील नाय-ट्रोजन वापरून खते इ. तयार करणे) ही एक महत्त्वपूर्ण समस्या अद्यापीही समाधानकारकपणे सुटलेली नाही. नायट्रोजनयुक्त अमोनियासारखी संयुगे तयार करणे मोठे खर्चिक आणि कष्टप्रद आहे. काही दशकांपूर्वी विजेच्या सहाय्याने व औद्योगिक प्रमाणावर नायट्रोजन ऑक्साइडे संश्लेषित करण्याचे प्रयत्न झाले खरे पण त्याचा जमाखर्च काही जमला नाही. या क्षेत्रात प्लाझ्मारसायनशास्त्रास मोठा वाव आहे.

सूर्य – एक रसायनशास्त्रज्ञ

वाफेवर चालणाऱ्या इंजिनाचा संशोधक स्टीव्हनसन हा एकदा बेकलँड नामक भूस्तरशास्त्रज्ञ मित्राबरोबर, इंग्लंडमधील पहिल्याच रेल्वेमार्गाच्या कडेने फिरावयास निघाला होता. तेवढ्यात एक आगगाडी गेली.

“बेकलँड, ही गाडी कशावर चालत असेल बरे?” स्टीव्हनसनने विचारले.

“त्यात काय विशेष? तूच शोध लावलेल्या त्या आश्चर्यकारक इंजिनाचा ड्रायव्हर ती चालवित आहे.” बेकलँड उत्तरला.

“मुळीच नाही.”

“मग काय, ते इंजिन वाफेमुळे चालते, असेच ना?”

“तसेही नाही.”

“बाष्पकाखाली पेटविलेल्या अग्नीमुळे.”

“चूक. ती सूर्यामुळे कार्यान्वित झाली आहे,” स्टीव्हनसनने खुलासा केला. पुढे तो म्हणाला: “फार प्राचीन काळी सूर्यप्रकाशावर जगलेली, वाढलेली अरण्ये पृथ्वीच्या पोटात गेली व त्यांचे कोळशात रूपांतर झाले. तोच कोळसा ड्रायव्हर गाडी चालविण्यासाठी वापरत आहे. म्हणजे इंजिन चालण्यामागे ड्रायव्हरचा हात नसून सूर्यच नाही का?”

स्टीव्हनसनचे म्हणणे शंभर टक्के खरेच आहे. सर्वच्या सर्व सजीवांचे खास करून वनस्पतींचे मूळ सूर्यातच आढळेल. अंधारात एखादे झाड वाढवून पहा; हिरवेगार खोड आणि पानांऐवजी फिकट, निस्तेज शुष्क असे ते आढळेल. सूर्यप्रकाशाच्या रासायनिक परिणामामुळे वनस्पतींमध्ये क्लोरोफिल नामक जे हरितद्रव्य असते ते हवेतल्या कार्बन डायॉक्साइडचे अनेक गुंतागुंतीच्या कार्बनी संयुगांच्या रेणूत रूपांतर करते, त्यापासूनच तर झाडाचा बव्हंशी भाग तयार झालेला असतो.

तर मग, वनस्पतीतील सारे कार्बनी पदार्थ संश्लेषित करणारा सूर्य म्हणजेच सूर्याचे किरण हाच प्रमुख रसायज्ञ नाही काय? तसे दिसते खरे. म्हणूनच तर कार्बन डायॉक्साइडचे जे रूपांतरण (पचनच!) होते त्यास प्रकाशसंश्लेषण असे सार्थ नाव दिले गेले.

अनेक रासायनिक प्रक्रिया प्रकाशाच्या परिणामाखाली होतात याची आता चांगली माहिती झाली आहे. प्रकाश-रसायनशास्त्र या नावाची स्वतंत्र शाखा त्यामुळेच व अशा परिणामांच्या अभ्यासार्थ अस्तित्वात आली आहे.

हे सारे खरे असले तरी प्रकाश-रासायनिक प्रक्रियांमुळे काही प्रथिने किंवा हायड्रोकार्बन संयुगे प्रयोगशाळेतही आजपावेतो तयार करणे शक्य झालेले नाही. प्रकाशसंश्लेषणामुळे तयार होणारी ही संयुगे वनस्पतीतील मूलभूत पदार्थ आहेत.

या पदार्थांचे संश्लेषण करण्याच्या सुरुवातीच्या टप्प्यात वनस्पती फक्त कार्बन डायॉक्साइड, पाणी आणि सूर्यप्रकाश वापरते. पुढे त्यातून अगदी जटिल रचनेचे कार्बनी रेणु तयार होतात. या प्रक्रियांमध्ये आणखी कुणाचा सहभाग तर नसेल ना? कल्पना करा की एक कारखाना असून त्याच्या एका टोकाकडून सोडा, पेट्रोलियम, पोटॅशिअम नायट्रेट इत्यादी पदार्थ आत टाकले जात आहेत. मध्यंतरी काय होत आहे ते माहीत नाही पण दुसऱ्या टोकाशी पाव, त्यास लावावयाचे पदार्थ, साखर इत्यादी पदार्थ भरभरून ट्रक बाहेर पडत आहेत. हे एक विलक्षण स्वप्न खरे पण वनस्पतींच्या कारखान्यात असेच काहीसे घडत असते.

वनस्पतींमध्येही त्यांचे स्वतःचे असे उत्प्रेरक असून यापूर्वी सांगितल्याप्रमाणे त्याना वितंचके ऊर्फ एन्झाइम्स म्हटले जाते. प्रत्येक एन्झाईममुळे प्रक्रिया निश्चित अशा मार्गानेच चालू राहते. यावरून असे दिसते की प्रकाशसंश्लेषणाचे कार्य सूर्य नामक रसायज्ञ काही एकटयाने करीत नसावा तर आपल्या एन्झाइम या सहकाऱ्याना बरोबर घेऊनच त्याचे कार्य होत असावे. प्रक्रियेला आवश्यक असणारी ऊर्जा सूर्य पुरवितो आणि प्रक्रिया योग्य मार्गाने चालू ठेवण्याची जबाबदारी एन्झाइम उचलतात.

आज जरी निसर्गाची ही कला आपण आत्मसात करू शकत नसलो, आणि विविध संयुगे तयार करण्याचे त्याचे "पेटंट" मिळणे अशक्य असले तरी, काही बाबतीत तरी आपणास अभिप्रेत असणाऱ्या दिशेनेच प्रक्रिया चालू ठेवणे थोडयाफार प्रमाणात शक्य झाले आहे. प्रकाश-संश्लेषणाबाबत शास्त्रज्ञानी जे संशोधन केले आहे ते फार मोलाचे ठरले आहे. अलिकडेच असे निष्पन्न झाले आहे की प्रकाश-संश्लेषण क्रियेच्या वेळी जर निरनिराळ्या तरंगलांबींचे प्रकार वापरले (म्हणजे वेगवेगळ्या प्रकाशात वनस्पती ठेवल्या तर) रासायनिकदृष्टया भिन्न

स्वरूपांचे पदार्थ तयार होतात. उदाहरणार्थ, तांबड्या-पिवळ्या प्रकाशामुळे प्रामुख्याने कार्बोहायड्रेट संयुगे तयार होतात तर निळ्या प्रकाशात मुख्यतः प्रथिने तयार होतात.

हे निष्कर्ष पाहता असे म्हणण्यास हरकत नसावी की भविष्यकाळात, वनस्पतींच्या सहाय्याने, इच्छित कार्बनी संयुगे काही प्रमाणात तरी निर्माण करण्याचे कौशल्य आत्मसात केले जाईल. खरेच, मोठमोठे कारखाने, त्यातील महागडी यंत्रसामग्री आणि गुंतगुंतीचे रासायनिक संश्लेषणाचे तंत्र यांच्याऐवजी, विशिष्ट प्रकाश वापरता येणारे 'उष्णतागृह' आणि ते नियंत्रित करणारी उपकरणे एवढेच पुरेसे होईल. मग त्यात असणाऱ्या वनस्पतीच, जे काही हवे ते निर्माण करतील — अगदी साध्यासुध्या हायड्रोकार्बनी पदार्थांपासून ते कमालीच्या गुंता-गुंतीच्या रचनेतील प्रथिनांपर्यंत सारे काही.

दोन प्रकारच्या रासायनिक बेड्या

अगदी पुरातन काळीसुद्धा अणूंच्या अस्तित्वाबाबत कोणतीच शंका न बाळ-गणारे कितीतरी शास्त्रज्ञ होते. पण पदार्थ हा अणूंचा मिळून बनला असला तरी हे अणू एकमेकांशी कसे काय गुंफले जातात या प्रश्नाबाबत तत्त्वज्ञानी एक तर मौन पाळले किंवा कल्पना वाऱ्यावर अगदी स्वैर सोडल्या.

उदाहरणार्थ, सुप्रसिद्ध फ्रेंच निसर्गवेत्ता डेकार्ट याचा असा विश्वास होता की काही अणूना आकडे आहेत तर काहीना कड्यांची सोय आहे. त्याच्या मते, अणु एकत्रित होतात म्हणजे एकाचा आकडा दुसऱ्याच्या कड्यात अडकतो.

जोपर्यंत अणूंच्या संरचनेबाबत लोकाना मुळीसुद्धा कल्पना नव्हती तोपर्यंत अणूंमधील साखळी, त्यांच्या दरम्यानचे रासायनिक बंध याबाबतच्या कल्पनाना कोणताच आधार नव्हता. शास्त्रज्ञाना त्यामागचे सत्य शोधण्यास इलेक्ट्रॉनने मदत केली. पण ते काही एकाएकी सापडले नाही. इ. स. १८९५ मध्ये इलेक्ट्रॉनचा शोध लागला खरा पण रासायमिक बंधाशी त्याचा संबंध कसा व

कोणता हे उलगडण्यास वीस वर्षे लागली. अणुकेंद्रकाभोवती इलेक्ट्रॉनच्या रचना कशा असतात हे समजल्यावरच एक एक कोडे उलगडू लागले.

सर्वच इलेक्ट्रॉन रासायनिक बंधनामध्ये भाग घेतात असे नाही. जे बाह्य कक्षांत अथवा फार तर शेवटच्या किंवा शेवटून दुसऱ्या कक्षेत असतात तेवढेच भाग घेतात.

समजा, सोडियमचा अणु फ्लुओरिनच्या अणूजवळ येतो. पहिल्याच्या बाह्य कक्षेत एक इलेक्ट्रॉन फिरत असतो तर दुसऱ्याच्यात सात इलेक्ट्रॉन असतात. सोडियम-अणूशी गाठ पडताच फ्ल्युओरिनचे तात्काळ अत्यंत स्थिरस्वरूपी अशा सोडियम फ्ल्युओराइडमध्ये रूपांतर होते. ते कसे? इलेक्ट्रॉनच्या पुनर्रचनेमुळे.

सोडियमचा अणु आपल्या बाह्य इलेक्ट्रॉनपासून सहजगत्या मुक्त होतो आणि तो धनभारित आयन ठरतो. तो आपली शेवटून दुसरी इलेक्ट्रॉन-कक्षा उघडी करतो. या कक्षेत आठ इलेक्ट्रॉन – इलेक्ट्रॉनचे अष्टक -- असते व अष्टक ही रचना मोडणे फार कठीण असते. दुसऱ्या बाजूस जो फ्ल्युओरिनचा अणु असतो तो आपल्या बाह्य कक्षेत जादा इलेक्ट्रॉन सहजगत्या सामावून घेतो. म्हणजे तेथेही इलेक्ट्रॉनचे अष्टक अस्तित्वात येते. परिणामी ऋणभारयुक्त फ्ल्युओरिन आयन अवतरतो.

ऋणप्रवृत्तीस धनप्रवृत्ती आकर्षित करते. विद्युत आकर्षण, विरुद्ध प्रवृत्तीचा भार असणाऱ्या सोडियम व फ्ल्युओरिनच्या आयनाना तीव्रपणे एकमेकांकडे खेचते. त्या दोहोंमध्ये रासायनिक बंध निर्माण होतो. या बंधास आयनिक बंध असे म्हटले जाते. रासायनिक बंधांचे जे प्रमुख प्रकार आहेत त्यापैकी हा एक आहे.

दुसरा प्रकार पुढीलप्रमाणे.

एखादे संयुग, उदाहरणार्थ फ्ल्युओरिनचा F_2 हा रेणू कसा काय अस्तित्वात असतो? फ्ल्युओरिनचे अणु तर आपल्या बाह्य कक्षेतील इलेक्ट्रॉनना टाकून देण्यास तयार नसतात. भिन्न भार असणारे आयन या उदाहरणात तयार होणे शक्य नसते.

या ठिकाणी फ्ल्युओरिन अणूंमधली गुंफण इलेक्ट्रॉनच्या जोडीच्या सहाय्याने केली जाते. प्रत्येक अणूमार्फत एकेक इलेक्ट्रॉन, समाईक वापरासाठी उपलब्ध केला जातो. परिणामी प्रत्येक अणूच्या बाह्य कक्षेत आठ इलेक्ट्रॉन असल्यासारखेच होते, प्रत्येकाचे स्वतःचे सहा आणि दोन एकत्रित केलेले. अशा बंधास सहसंयुज बंध म्हटले जाते.

आपणास जी रासायनिक संयुगे ज्ञात आहेत त्यापैकी बहुसंख्य संयुगे ही वरीलपैकी पहिल्या किंवा दुसऱ्या प्रकारच्या रासायनिक बंधातून तयार झालेली असतात.

रसायनशास्त्र आणि प्रारण

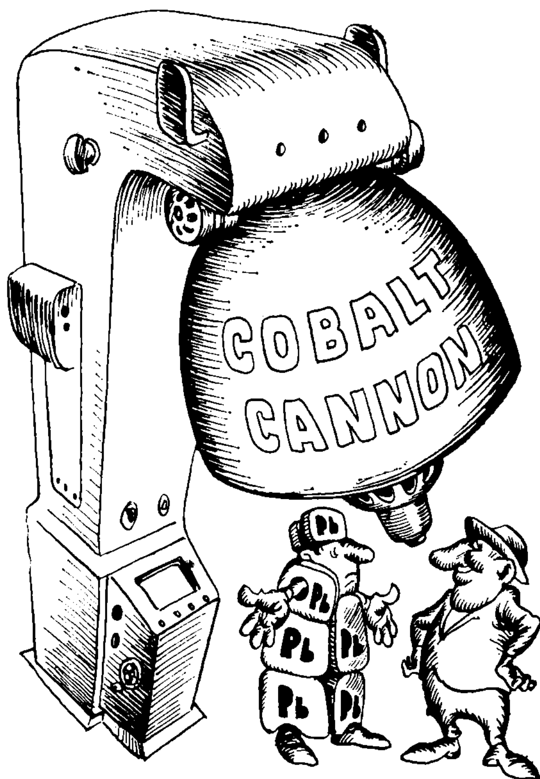
रसायनशास्त्रज्ञानी अजून तरी हिरव्यागार पानांचा शोध लावलेला नाही. पण प्रकाश-रासायनिक प्रक्रिया अंमलात आणण्यासाठी प्रकाशाचा वापर केव्हाच सुरू झालेला आहे. प्रकाशरसायनशास्त्राचा प्रत्यक्ष वापर होणारे उदाहरण म्हणजे छायाचित्रण. खरे तर प्रकाश हाच प्रमुख छायाचित्रकार ठरतो.

तथापि, निव्वळ डोळयाना जाणवणाऱ्या प्रकाशकिरणांबाबतच रसायज्ञाना स्वारस्य वाटते असे नाही. क्ष-किरण आणि किरणोत्सारी पदार्थातून बाहेर पडणारे प्रारण हे प्रकाशाचे इतर प्रकार आहेतच. ते प्रचंड प्रमाणात ऊर्जावाहू असतात. प्रकाश-किरणांपेक्षा क्ष-किरण हजारो पटीनी आणि गॅमा किरण लाखोपटीनी अधिक 'प्रखर' किंवा 'तीव्र' असतात.

त्यांच्याकडे रसायज्ञांचे दुर्लक्षा होणे शक्य आहे काय?

शक्य नाही. म्हणूनच तर ज्ञानकोशांमध्ये, क्रमिक पुस्तकांमध्ये, विशेष पुस्तकांमध्ये आणि लोकप्रिय पुस्तका-मासिकांमध्ये एक नवी संज्ञा अवतीर्ण झाली, प्रारण-रसायनशास्त्र. प्रारणाचे रासायनिक प्रक्रियांवर कोणते परिणाम होतात याचा अभ्यास या नव्या शाखेत केला जातो.

ही शास्त्रशाखा जरी बरीच तरुण असली तरी तिची अल्पशी कामगिरीही कौतुकास्पद ठरली आहे.



उदाहरणार्थ खनिज तेल उद्योगात जी रसायनशास्त्रीय क्रिया असते ती पाहू या. या क्रियेमुळे खनिज तेलात जी जटिल रचनेची कार्बनी संयुगे असतात त्यांची सरल रचनेची संयुगे मिळतात. आपल्या नित्याच्या परिचयाच्या पेट्रोल ऊर्फ गॅसोलिनमध्ये अशाप्रकारे तयार होणारी हायड्रोकार्बन संयुगे आलेली असतात.

हे तैलभंजन फार नाजूक स्वरूपाचे म्हणजेच फार काळजीपूर्वक करावयाचे

काम असते. ते घडून येण्यास उच्च तपमान व निरनिराळे उत्प्रेरक यांची तर जरूरी असतेच पण ही क्रिया भरपूर वेळ खाणारीही असते.

हे झाले जुन्या प्रकाराबाबत. तैलभंजनाच्या नव्या तंत्रात उष्णता नको की प्रवेगक नकोत; वेळही नको.

या नव्या तंत्रात गॅमा किरणांचा वापर केला जातो. हे किरण तैलभंजनाची क्रिया घडवून आणतात. जटिल कार्बनी रेणूंची ते जणू तोडफोड करतात. या ठिकाणी प्रारण हे खरोखरीच विध्वंसक ठरते.

पण सर्वच ठिकाणी प्रारणाची हीच भूमिका असते असे नाही.

हलक्या, वायुमय हायड्रोकार्बनच्या – मीथेन, ईथेन, किंवा प्रोपेन – सन्नि-ध्यात इलेक्ट्रॉनचा ऊर्फ गॅमा किरणांचा झोत आणल्यास त्यांचे रेणु अधिकच गुंतागुंतीचे बनतात आणि अधिक जड व द्रवरूप हायड्रोकार्बन तयार होतात. हे आहे प्रारण-संश्लेषणाचे एक उदाहरण.

अणु एकमेकाना 'शिवण्याची' ही जी किरणोत्सारी किरणांमध्ये क्षमता असते त्याचा उपयोग बहुवारिकरणक्रियेत केला जातो.

पॉलिएथिलिन या प्लॅस्टिक-प्रकाराबद्दल आपण ऐकलेच आहे. पण अनेकाना हे माहीत नसते की त्याचे उत्पादन अतिशय गुंतागुंतीचे असून त्यामध्ये उच्च दाब, खास प्रकारचे उत्प्रेरक आणि विशिष्ट प्रकारची यंत्रसामग्री आवश्यक असते. प्रारणाच्या मदतीने होणाऱ्या बहुवारिकीकरणामध्ये यापैकी कशाचीच जरूरी नसते आणि उत्पादनखर्च निम्म्याने कमी होतो.

तथापि, किरणोत्सारी प्रारणे माणसाचे केवळ मित्रच नसून शत्रुसुद्धा आहेत. त्यांचे शत्रुत्व गूढ आणि निष्ठूर स्वरूपाचे असते आणि त्यांच्यामुळे प्रारण-आजार जडतो. या गंभीर आजारावर हुकमी असे औषध आजही उपलब्ध नाही. तो होऊ नये म्हणून या प्रारणाचा शरिराशी मुळीसुद्धा संबंध येऊ न देणे हाच खबर-दारीचा सर्वश्रेष्ठ उपाय होय.

त्यासाठी काय केले पाहिजे? शिशाचे ठोकळे, काँक्रिटच्या काही मीटर जाडीच्या भिंती आणि धातूंचे खूप जाड पत्रे यामार्फत हे प्रारण शोषिले जाते,

म्हणजेच त्यास प्रतिबंध होतो. पण ते फार अवजड, अति खर्चिक आणि गैरसोयीचे असते. शिशाचा पोषाख घातलेल्या माणसाची जरा कल्पना करा...

रसायनशास्त्रज्ञानो, हे तुम्हाला मोठेच आव्हान आहे. प्रारणापासून माणसाचे हुकमी संरक्षण करण्याचा एखादा स्वस्त उपाय तुम्हाला नाही का शोधता येणार?

या दिशेने काही प्रयोग (प्रयोगच!) करण्यात आले आहेत.

क्ष-किरणांमुळे छायाचित्रणाच्या काचा व फिल्म तात्काळ चित्रित होतात. प्रकाशसंवेदी सिल्व्हर ब्रोमाईडचा जो थर त्यांच्यावर दिलेला असतो त्याचे क्ष-किरणांमुळे विघटन होते.

काही वर्षांपूर्वी एका इटालियन रसायज्ञाने या दिशेने काय केले ते पहा. त्याने छायाचित्रणाची एक काच प्रथम टायटॅनिअम सल्फेट आणि सेलेनिअस आम्ल या अकार्बनी संयुगांच्या मिश्रणाने ओली केली. असे आढळून आले की अशी काच केवळ दृष्य प्रकाशाच्या बाबतीतच असंवेदी नसून क्ष-किरणांचाही तीवर परिणाम होत नाही.

याचे कारण काय असावे? वरील पदार्थ आणि काचेस लावलेले सिल्व्हर ब्रोमाईड यांच्या काही रासायनिक प्रक्रिया घडून प्रारण रोखणारे एखादे नवे संयुग तर तयार झाले नाही ना?

तसा कोणताच प्रकार घडला नाही. कोणतीही रासायनिक प्रक्रिया घडली नाही, काच पाण्याने स्वच्छ धुतल्यावर तिची प्रकाश-संवेदनशीलता पुनरपी पहिल्याप्रमाणेच आढळली. थोडक्यात, काय घडले असावे याची निश्चित कल्पना कुणालाच नाही. प्रारणापासून संरक्षण मिळविण्याच्या मार्गाची वाट दर्शविणारा तो इशारा मात्र ठरतो.

तसे झाल्यास, शिशाचा पोशाख घातलेल्या माणसाऐवजी, काही खास रासायनिक द्रावात बुडविलेले कपडे घातलेला माणूस, प्रारणापासून स्वतःचे रक्षण करीत आहे असे चित्र रंगवावे लागेल.

एक लांबलचक प्रक्रिया

अलिकडच्या काळात प्रयोगशाळांमधून शेकडो, हजारोंच्या संख्येत अत्यंत जटिल रचनेची कार्बनी संयुगे रसायनशास्त्रज्ञानी तयार केली आहेत. काहींची

जटिलता एवढी आहे की त्यांचे संरचनात्मक चिन्ह कागदावर उतरविणे मोठे कठीण आहे. त्याला वेळही पुष्कळ लागेल.

रसायनशास्त्रज्ञांचा या क्षेत्रातील सर्वात मोठा शोध म्हणजे प्रथिनांच्या रेणूंपैकी एका प्रकारच्या रेणूचे संश्लेषण.

आम्ही इन्सुलिन नामक संयुगाच्या रासायनिक संश्लेषणासंबंधी बोलत आहोत. इन्सुलिन हे एक संप्रेरकद्रव्य असून तो मानवी (व इतर प्राण्यांच्या) शरीरातील एक अंतःस्राव आहे. हे द्रव्य रक्तातील साखरेचे प्रमाण एका निश्चित पातळीत राखते.

इन्सुलिन रेणूची जडणघडण सांगण्याचा जर आम्ही प्रयत्न केला तर कितीतरी पाने हवीत. एक वस्तुस्थिती लक्षात घ्या की या प्रथिन-प्रकारातील रेणूची काटेकोर संरचना अगदी तज्ज्ञातल्या तज्ज्ञानाही सुस्पष्ट झालेली नाही. इन्सुलिन हा खरोखरीच राक्षसी रेणु आहे. त्यातील मूलद्रव्यांची संख्या जरी मर्यादित असली तरी त्यांची रचना मात्र अत्यंत कौशल्यपूर्ण म्हटली पाहिजे.

तेव्हा, समजण्यास सोपे जावे यासाठी असे समजू या की इन्सुलिन रेणु हा दोन भागांचा, विशेषत: दोन साखळयांचा ('अ' आणि 'ब') मिळून तयार झाला आहे. या दोन साखळयांची गुंफण, ज्यास डायसल्फाईड बंध म्हणतात, त्याच्या सहाय्याने झाली आहे. दुसऱ्या शब्दात असे सांगता येईल की या साखळया, दोन गंधक-अणु असणाऱ्या आडव्या साखळयांच्या जणू पुलानी ठिकठिकाणी जोडल्या गेल्या आहेत.

इन्सुलिनच्या संश्लेषणक्रियेचा आराखडा पुढील प्रमाणे ठरला: प्रथम 'अ' साखळीचे व 'ब' साखळीचे संश्लेषण स्वतंत्रपणे करावयाचे. नंतर मग त्या डायसल्फाईडच्या आडव्या बंधाने एकमेकीस जोडावयाच्या.

आता थोडेसे अंकगणित. 'अ' साखळीची निर्मिती करण्यासाठी रसायज्ञाना एकामागोमाग एक याप्रमाणे क्रमवार शंभरएक प्रक्रिया कराव्या लागल्या. 'ब' साखळीसाठी शंभरपेक्षा जास्तच. हे सारे जटिल काम अनेक महिने चालू होते.

अखेर दोन्ही साखळया तयार झाल्या. त्या एकमेकीस जोडावयाचेच काय

ते बाकी होते. या कामात निराशेचे एकामागून एक धक्के बसत गेले. तथापि, एक संध्याकाळ मात्र यशदायी ठरली. प्रयोगशाळेच्या दैनंदिन नोंदवहीत पुढील वाक्य लिहिले गेले : "इन्सुलिनच्या रेणूचे संश्लेषण यशस्वीपणे जमले."

इन्सुलिनच्या कृत्रिम उत्पादनार्थ शास्त्रज्ञाना एकूण दोनशे तेवीस क्रमवार प्रक्रियांमधून जावे लागले. केवढ्या मोठ्या संख्येत या प्रक्रिया आहेत — आजपावेतो कोणताही रासायनिक पदार्थ (एकच) तयार करण्यास एवढे कष्ट पडले नव्हते. त्यासाठी दहा माणसे सतत तीन वर्षे खपत होती...

पण जीवरसायनशास्त्रज्ञ एक मोठी कुतुहलजनक सत्यस्थिती आपणास सांगतात : जीवमात्रातील पेशीमध्ये इन्सुलिनची निर्मिती होण्यास... अवघे तीन सेकंद पुरेसे असतात.

तीन वर्षे आणि तीन सेकंद! आजच्या रसायनशास्त्राच्या तुलनेने सजीव पेशीतील संश्लेषण-उपकरण केवढे परिपूर्ण आहे ते कल्पनेनेच जाणून घ्या...

रासायनिक वस्तुसंग्रहालय



उत्तर नसलेला प्रश्न

समजा आपण अत्यंत श्रेष्ठ, बुद्धिमान रसायनशास्त्रज्ञाना एकत्र बोलाविले आणि विचारले की आवर्ती पद्धतीमध्ये असणाऱ्या एकूण मूलद्रव्यांपासून किती रासायनिक संयुगे तयार होतील, तर त्या साऱ्या अधिकारी विद्वतजनाना निश्चित तर राहूच द्या पण अगदी अंदाजी उत्तरसुद्धा देता येणार नाही.

आपणास एक अत्यंत साध्या स्वरूपाचे रासायनिक संयुग ठाऊक आहे, ते म्हणजे हायड्रोजनचा रेणु. त्यापेक्षा अधिक साधेसुधे संयुग असूच शकणार नाही कारण मेंदेलेयेवऱ्या कोष्टकातील हायड्रोजन हा सर्वप्रथम आणि अत्यधिक हलका असा सभासद आहे.

पण जी अगदी जटिल रचनेची आहेत त्यांचे काय? त्यांच्या बाबतीत निश्चित असे काहीच सांगता येत नाही. ज्यामध्ये शेकडो, हजारो आणि लाखो अणू आहेत असे महाप्रचंड रेणु रसायनशास्त्रास चांगले ज्ञात आहेत. तरीसुद्धा, या जटिलतेची मर्यादा कोणती याबद्दल कुणालाच सांगता येणार नाही.

त्यातल्या त्यात, किती रासानिक संयुगे ठाऊक आहेत याचा आपण बराचसा अचूक अंदाज बांधू शकतो. पण गंमत अशी की आजचा अंदाज लगेच उद्याच शिळा ठरतो. सध्या रोज निदान दहा नवी संयुगे तरी या पृथ्वीवरील प्रयोगशाळांमधून बाहेर पडत आहेत आणि ही दैनिक सरासरी दरवर्षी वाढत आहे.

रासायनिक माहिती केंद्रे आपणास असे सांगतात की कच्च्या द्रव्यांपासून किंवा संश्लेषित क्रियांमार्गे तयार झालेली निदान वीस लाख रासायनिक संयुगे

तरी आज ज्ञात आहेत. हा आकडा मोठा आकर्षक आहे खरा पण असे दिसते की विशाल घरातील रहिवाश्यांपैकी प्रत्येकाचा त्यातील वाटा खूपच वेगवेगळा आहे.

उदाहरणार्थ, हेलियम, निऑन, आणि आर्गॉन या अक्रियाशील अथवा पांढरपेशा मूलद्रव्यांच्या संयुगांची संख्या शून्य आहे. प्रोमेथिअम या मूलद्रव्यापासून अगदी विश्वसनीय अशी तीनच संयुगे तयार करण्यात आली आहेत. (भौतिक-शास्त्रज्ञ ती कृत्रिमरित्या अणुभट्टीत तयार करतात.) हायड्रॅट, नायट्रेट आणि क्लोराईड या अगदी साध्या स्वरूपाचीच ही संयुगे आहेत. इतर कृत्रिम मूलद्र-व्यांच्या बाबतीतही परिस्थिती फार मोठी कौतुकाची आहे असे मुळीच नाही. काही मूलद्रव्ये मुळातच काही अणूंच्या संख्येत उत्पादित केली गेली असल्यामुळे त्यांच्या संयुगांबद्दल काय बोलावे नि काय लिहावे!

पण मेंदेलेयेवच्या सारणीत एक अद्वितीयच म्हणावे लागेल असे मूलद्रव्य असून गुंतागुंतीच्या संयुगांच्या संख्येबाबत ते नक्कीच अजोड ठरावे.

विशाल घरातील ६ व्या क्रमांकाच्या खोलीत राहणारे ते मूलद्रव्य असून त्याचे नाव आहे कार्बन!

अस्तित्वात असणाऱ्या अशा एकूण वीस लाख रेणूंपैकी दहा लाख सात हजार रेणूंचा सांगाडा कार्बन अणूंचा आहे. प्रचंड विस्तार असणाऱ्या अशा कार्बनी रसायनशास्त्राद्वारे त्यांचा अभ्यास केला जातो. कार्बन सोडून इतर साऱ्या मूलद्रव्यांची संयुगे अकार्बनी रसायनशास्त्राच्या छत्राखाली येतात.

म्हणजेच कार्बनी पदार्थ, अकार्बनी पदार्थांपेक्षा सहा पट अधिक भरतात.

एखाद्या नव्या कार्बनी पदार्थांचे संश्लेषण सामान्यतः खूपच सोपे असते. अकार्बनी रसायज्ञानी दिवसास किमान एक जरी नवे संयुग तयार केले तरी खूप झाले. हे खरे की अलिकडच्या काळात या दृष्टीने अधिकाधिक संधी उपलब्ध होत आहे.

कार्बनी रसायनशास्त्रज्ञाना, कार्बनच्या एका असामान्य वैशिष्ट्याचा फार मोठा फायदा मिळतो.

भिन्नतेचे कारण व परिणाम

कार्बन अणूंच्या साखळ्या फार त्वरित तयार होतात, आणि त्या स्वत: लांबलचक रेषेत अस्तित्वात येतात.

सर्वात कमी लांबीच्या साखळीत कार्बनचे दोन अणु असतात. उदाहरणार्थ, इथेन या हायड्रोकार्बनी संयुगाच्या साखळीत दोन कड्या आहेत : $H_3C - H_3C$ याप्रमाणे. तर मग सर्वात लांब साखळ्यांबाबत काय? त्याबाबत अजूनही



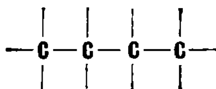
माहिती नाही. साखळीमध्ये सत्तर कार्बनकड्या असणारी संयुगे तयार केली गेली आहेत. (एक लक्षात घ्या की आपण साध्यासुध्या संयुगांबाबत चर्चा करीत आहोत, बहुवारिकांबद्दल नव्हे. त्यांच्या बाबतीत हायड्रोकार्बनी साखळ्या किती तरी मोठ्या लांबीच्या संभवतात.) इतर कोणतेही मूलद्रव्य असा प्रकार दाखवीत नाही. यास अपवाद म्हणून सिलिकॉनच काय ते सहा कड्यांची साखळी मिरवू शकते. मात्र शास्त्रज्ञानी हायड्रोजन जर्मानाइड C_2H_2 हे एक अति वैचित्र्यपूर्ण संयुग मिळविले असून त्यामध्ये तीन धातु-अणु साखळीस्वरूपात जोडलेले आहेत. धातूंमधले हे एकुलते एकच उदाहरण होय.

थोडक्यात, 'साखळी-निर्मितीच्या कौशल्यात' कार्बनला प्रतिस्पर्धी नाही.

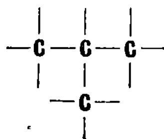
पण या कार्बन-साखळ्या जर केवळ सरल रेषात्मक असत्या तर रसायनशास्त्रास विविध संयुगांची एवढी कल्पनातीत संख्या कधीच पहावयास मिळाली नसती.

अशी साखळी-रचना शाखामय होऊ शकते आणि चक्राकार प्रकारे बंदिस्तही असू शकते. ती तीन, चार, पाच, सहा आणि अधिक कार्बन अणु असणारी बहुभुज आकृतीही असू शकते.

ब्यूटेन या हायड्रोकार्बन संयुगाच्या साखळीत चार कार्बन अणु असतात.



या ठिकाणी अणु सरल रेषेत गुंफले गेले आहेत. पण त्यांच्या जागा खाली दाखविल्याप्रमाणेही असू शकतील:



अणूंची एकूण संख्या तीच आहे पण त्यांची रचना मात्र वेगळीच आहे. हे

दुसरे सूत्र अथवा रचना वेगळ्याच संयुगाची निर्देशक असून त्याचे गुणधर्मही वेगळे असतात. त्याचे नाव आहे आयसोब्यूटेन.

पाच कार्बन अणु सरल रेषात्मक साखळीऐवजी शाखामय अशा पाच साखळ्या तयार करू शकतात. त्या प्रत्येक रचनेतून वेगळा रासायनिक पदार्थ मिळतो.

वरील प्रमाणे रासायनिक संयुगांतील अणूंची संख्या सारखीच पण त्यांची रचना मात्र भिन्न अशा प्रकाराना रसायज्ञानी एक खास नाव शोधले, त्याना समघटक असे म्हटले जाते. एखाद्या रेणूत कार्बन अणूंची संख्या जेवढी जास्त तेवढे समघटक जास्त संख्येत असतात. खरे तर त्यांची संख्या अगदी भूमिती-श्रेणीत वाढत जाते.

यामुळेच तर रसायनशास्त्राच्या भांडारात शेकडो, नव्हे हजारोंच्या संख्येत नव्या संयुगांची भर पडते.

रासायनिक वलये

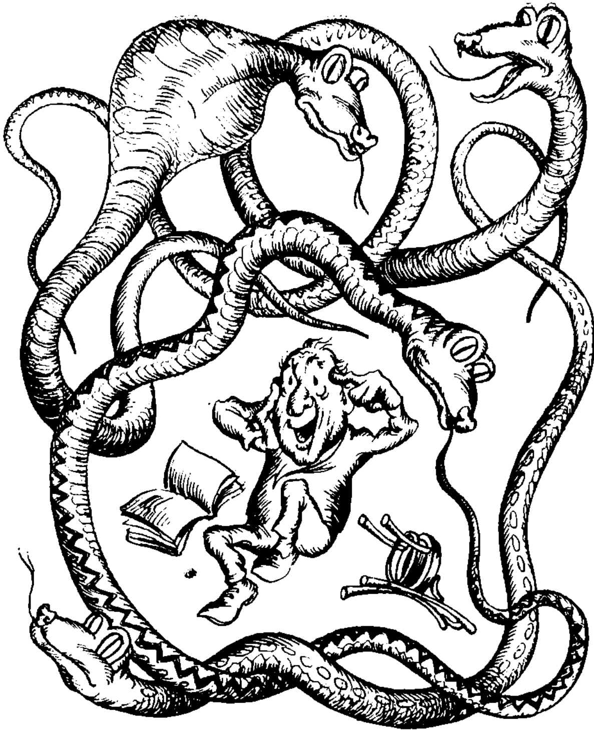
मोठमोठ्या शास्त्रज्ञानी जे मोठमोठे शोध लावले त्यामागे असणाऱ्या दंतकथा काही कमी नाहीत.

असे सांगतात की आपल्या बागेत न्यूटन विचारमग्न अवस्थेत बसला असता झाडावरील फळ टप्‌कन त्याच्या पायाशी पडले. गुरुत्वाकर्षणाचा नियम शोधण्यामध्ये त्याला हे वरदानच ठरले.

असे म्हणतात की आपली आवर्ती पद्धती मेंदेलेयेवला प्रथम स्वप्नात दिसली. आता फक्त जागेपणी ती कागदावर उतरावयाचे कामच काय ते बाकी होते.

थोडक्यात शोधक आणि त्यांचे शोध याबाबत नाना प्रकारच्या कथा प्रसृत झाल्या आहेत.

तथापि, जर्मन रसायज्ञ केक्युले यास जी एक कल्पना सुचली ती मात्र खरोखरीच एका विचित्र दृष्याने सूचित केली गेली.



शास्त्रज्ञाना बेंझीन या अत्यंत महत्त्वाच्या कार्बनी संयुगाबाबत फार पूर्वी-पासून कल्पना होती. त्यामध्ये कार्बनचे सहा व हायड्रोजनचे सहा अणु आहेत हे पण त्याना माहीत होते. त्याच्या अनेक प्रक्रियांचा अभ्यास केला गेला होता.

पण शास्त्रज्ञाना नेमकी महत्त्वाचीच गोष्ट कळत नव्हती, बेंझीनमधल्या सहा कार्बन अणूंची रचना कोणत्या प्रकारची असावी.

या प्रश्नाने केक्युलेची झोप उडाली. हा प्रश्न त्यास कसा सुटला ते खरो-खरच विलक्षण आहे. त्याच्याच शब्दात ती कथा ऐका :

"एका क्रमिक पुस्तकाच्या लेखनाचे काम करत मी टेबलाशी बसलो होतो

पण काही सुचत नव्हते. माझे विचार सर्व दिशानी भरकटत होते. अणूंचा डोळयांपुढे जणू नाच चालला होता. माझ्या मनःचक्षूना त्यांच्या लांबलचक ओळी जाणवत होत्या, जणू सापाप्रमाणे त्या लवलवत होत्या. तोच काय आश्चर्य सांगावे! एका सापाने चक्क स्वतःचे शेपूट तोंडात धरले आणि मजसमोर जणू वाकुल्या दाखवित तो गोल गोल फिरू लागला. माझ्या डोक्यात लख्ख प्रकाश पडला . . ."

ह्या सहजगत्या दिसलेल्या कल्पनाचित्राने केक्युलेच्या मनास जणू आवाहन केले आणि कार्बनचे अणु वलयाकार रचनेत गुंफले जाणे शक्य आहे हे त्याने तात्काळ जाणले.

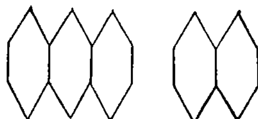
केक्युलेच्या स्पष्टीकरणानंतर, रसायज्ञ बेंझीनची संरचना पुढील प्रमाणे दाखवू लागले :



या बेंझीन वलयाने कार्बनी रसायनशास्त्रात अत्यंत महत्त्वपूर्ण भूमिका बजाविली आहे.

वलयांमध्ये कार्बन अणूंची संख्या वेगवेगळी असू शकते. वलये एकमेकास चिकटून वाढूही शकतात आणि त्यांच्यापासून मजेशीर वाटण्याजोग्या भूमितीय आकृत्या तयार होतात. कार्बनच्या सरल रेषात्मक संरचनेचे जग जेवढे विस्तृत तेवढेच वलयांचेही आहे. कार्बनी रसायनशास्त्रावरील कोणत्याही पुस्तकाचे, भूमितीच्या पुस्तकाशी साम्य वाटल्याशिवाय राहणार नाही. भूमितीय आकृत्यांसारख्या दिसणाऱ्या रासायनिक संयुगांच्या संरचना पानोपानी आढळतील.

बेंझिन वलयांमुळे तयार होणाऱ्या दोन मजेदार आकृत्या या अशा आहेत :



उजवीकडील संरचना म्हणजे ॲनसिनचे संरचनात्मक सूत्र असून डावीकडील संरचनात्मक सूत्र नॅप्थॅलिन संयुगाचे आहे. ॲनसिन दगडी कोळशामध्ये आढळते.

तिसरे अपरूप ?

एके काळी असे समजले जात असे की कार्बन हे मूलद्रव्य तीन पदार्थांच्या एकत्रीकरणातून तयार झाले आहे. शास्त्रज्ञ त्यास त्रिरूप अपरूपता असे म्हणतात. दुसऱ्या शब्दात असे म्हणता येईल की एखादे मूलद्रव्य दोन किंवा अधिक भिन्न रूपात अस्तित्वात असू शकते.

सुरुवातीस उल्लेख केलेले कार्बनचे तीन पदार्थ म्हणजे हिरा, ग्राफाईट व कार्बन काजळी हे असून ती कार्बनची तीन प्रकारची अपरूपे ठरतात. एकमेकांपासून ती फार भिन्न असतात : हिरा म्हणजे दृढतेचा, कठीणतेचा जणू राजाच, मृदु आणि पुटानी युक्त असे ग्राफाईट आणि निस्तेजी कार्बन काजळी. असा फरक दिसण्याचे कारण म्हणजे त्यांच्या रेणूंतील कार्बन अणूंची असमान रचना हे होय.

हिऱ्यामध्ये, भूमितीय अशा चतुःपृष्ठक आकृतीच्या शिखरबिंदूशी कार्बन अणु असून ते अतिशय पक्क्या बंधाने जोडलेले असतात. हिऱ्यास याच कारणामुळे कठीणता प्राप्त होते.

ग्राफाईटमध्ये वेगळी परिस्थिती असते त्यातील कार्बन अणु सपाट पातळीत रचलेले असून त्यांतील बंध फार कमजोर असतो. म्हणून तर ग्राफाईट फार मृदु असते व त्याचे पातळ पापुद्रे निघतात.

कार्बन काजळीच्या संरचनेबाबत वेगवेगळी मते ऐकावयास मिळतात. कार्बन काजळी स्फटीकरूप नव्हेच हे मत फार काळ टिकून होते. कार्बनचे ते अस्फटिकी रूप आहे असा समज होता.

पण अलिकडे असे आढळले आहे की ग्राफाईट आणि कार्बन काजळी हे जवळजवळ एकसारखेच असून त्यांची रेणु-रचनाही एकसारखीच आहे.

म्हणजेच कार्बनची हिरा व ग्राफाईट ही दोनच अपरूपे उरतात, तिसरे नाही.

पण शास्त्रज्ञानी कार्बनचा तिसरा प्रकार कृत्रिमपणे निर्माण करावयाचे ठरविले. त्याची रूपरेखा पुढील प्रमाणे ठरली.

हिरा आणि ग्राफाईटमधल्या कार्बन अणूंच्या साखळ्या जरी वेगवेगळ्या प्रकारे रचलेल्या असल्या तरी वलयाप्रमाणे बंद आहेत. आता या साखळ्या मोकळ्या करून लांब सरल रेषेत ताणता येतील का? दुसऱ्या शब्दात, केवळ कार्बनचे अणु सरल रेषेत गुंफून बहुवारिक रेणु निर्माण करता येईल का?



कोणताही रासायनिक पदार्थ तयार करण्यातील पहिली गरज म्हणजे तो ज्यापासून तयार करावयाचा ते प्रारंभिक साहित्य होय. वरील प्रमाणे कार्बनचे तिसरे अपरूप अथवा "कार्बन क्रमांक ३" तयार करण्यासाठी एकुलता एक प्रारंभिक पदार्थ ऊर्फ कच्चा माल म्हणजे दोन कार्बन अणु व दोन हायड्रोजन अणु असणारा अॅसिटिलिन ऊर्फ C_2H_2 हा पदार्थ होय.

अॅसिटिलिनच का? कारण त्याच्या रेणूमध्ये कमीत कमी संख्येतील हायड्रोजन रेणूनी कार्बन रेणु बंदिस्त केलेले आहेत म्हणून जादा हायड्रोजनमुळे संश्लेषणात अडथळाच येतो.

अॅसिटिलिनचे आणखी एक महत्त्वपूर्ण वैशिष्टच आहे: तो फार क्रियाशील आहे. ही खास रसायज्ञांची भाषा झाली. त्याच्या रेणूतील कार्बन अणु तीन रासायनिक बंधाने ($H-C\equiv C-H$) एकत्रित ठेवले गेले असून त्यापैकी दोन बंध तुलनात्मकदृष्टचा तोडणे सोपे आहे. तसे झाल्यास, दुसऱ्या एखाद्या पदार्थाचे कार्बन अणु त्यांच्या सहाय्याने जोडता येणे शक्य आहे. हा दुसरा पदार्थ अॅसि-टिलिनच असतो. म्हणजे या पूर्वनियोजित कार्यक्रमातील पहिला टप्पा म्हणजे एकवारिक अॅसिटिलिनचे बहुवारिक अशा पॉलीअॅसिलिनमध्ये रूपांतर करणे.

हा काही पहिलाच प्रयत्न नव्हे. १९ व्या शतकात बायर या जर्मन रसायज्ञाने

अशा प्रकारची प्रक्रिया करण्याचा प्रयत्न केला. पण टेट्राॲसिटिलिन मिळण्याइ-तपतच ती प्रक्रिया यशस्वी होऊ शकली. हे संयुगही फारच अस्थैर्यकारक ठरले. बायरच्या मार्गाने अनेक देशातील रसायज्ञानी कसून प्रयत्न केले, पण त्यांचे सारे प्रयत्न व्यर्थ ठरले.

पुढे कार्बनी संश्लेषणाच्या प्रभावी पद्धती अस्तित्वात आल्या व त्यामुळे अखेर पॉलिॲसिटिलिनची निर्मिती शक्य झाली. सोविएत शास्त्रज्ञानी पॉलियिन्स नामक कार्बनी संयुगांचा नवा प्रकार अस्तित्वात आणला. या नवनिर्मित पदार्थांचा उद्योगक्षेत्रात लगेच वापर सुरू झाला कारण ते उत्कृष्ट दर्जाचे अर्धवाहक आहेत असे सिद्ध झाले.

कार्बनचा तिसरा प्रकार तयार करण्यातील दुसरा टप्पा आता ओलांडणे आवश्यक होते. तो म्हणजे पॉलिॲसिटिलिनमधल्या हायड्रोजन अणूंचे उच्चाटन करणे व ते सुद्धा अशा प्रकारे की निव्वळ कार्बन अणु असणारी साखळी टिकली जाईल.

हायड्रोजन अणु वगळण्याच्या क्रियेचे रसायनशास्त्रातील नाव मोठे लांबलचक आणि लिहिण्यास-उच्चारण्यास मोठे क्लिष्ट आहे: हायड्रोजननिरासयुक्तबहुसंद्रवण – डिहायड्रोपॉलीकंडेन्सेशन! या पद्धतीचे खुलासेवार स्पष्टीकरण करण्यात काही अर्थ नाही. प्रयोगशाळेतील नोंदवहीत पानेच्या पाने भरलेली आढळतील, कारण पॉलिॲसिटिलिनमधल्या हायड्रोजनचे उच्चाटन करणे हे काही कमी कष्टाचे काम नाही.

तरीसुद्धा सोविएत शास्त्रज्ञानी या कामात मोठे नेत्रदीपक यश मिळविले आहे.

...काजळाशी साधर्म्य दाखविणारे काळे चूर्ण! ते ९९ टक्के कार्बन असल्याचे रासायनिक पृथक्करणातून स्पष्ट झाले. पण नव्याण्णव म्हणजे काही शंभर नव्हे.

स्पष्ट बोलावयाचे झाले तर सांगोपांग यशासाठी आणखी एक टप्पा ओलांडणे आवश्यक ठरते. शेवटचा एक टक्का हायड्रोजन काही करून वगळणे जरूर होते.

यामुळेच तर कार्बन अणु सरल आणि एकमेकास समांतर रेषांमध्ये रचले जाण्यास अडथळा होत होता. "कार्बन क्र. ३" च्या मार्गातील तो एक शेवटचा अडथळा बाकी होता.

कार्बनच्या या जवळजवळ तिसऱ्या ठरणाऱ्या प्रकारास रसायज्ञ कार्बाइन असे म्हणतात. त्याच्या अंगी मोठे वैशिष्ट्यपूर्ण गुण असल्याचे केव्हाच निष्पन्न झाले आहे. तो एक उत्कृष्ठ दर्जाचा अर्धवाहक पदार्थ आहे; त्याच्या अंगी प्रकाश-विद्युत गुणधर्म असून त्याची उष्णतारोधकता तर स्तिमित करणारी आहे – पंधराशे अंश तपमान त्याच्या हिशेबीच नसते.

आम्हाला खात्री आहे की अगदी 'शंभर टक्के' कार्बाइनचे उत्पादन नजिकच्या भविष्यकाळात नक्कीच शक्य होईल.

जटिल संयुगांबाबत चार शब्द

एकोणिसाव्या शतकात अनेक थोर रसायनशास्त्रज्ञ होऊन गेले. त्यापैकी तिघेजण मोठे अद्वितीय ठरले. इतर कोणत्याही रसायज्ञांपेक्षा त्यांची कामगिरी अतुलनीय ठरते. आधुनिक रसायनशास्त्राचा पाया त्यानीच रचला. त्यापैकी दोन म्हणजे आवर्ती नियम व आवर्ती पद्धतीचा निर्माता द्मीत्री मेंदेलेयेव आणि अलेक्सांद्र बुतलेरोव ज्याने कार्बनी संयुगांच्या संरचनेची विचारप्रणाली प्रस्थापित केली.

तिसरी व्यक्ती म्हणजे आल्फ्रेड वेर्नेर हा जर्मन रसायनशास्त्रज्ञ होय. "सहबद्धतेचा सिद्धांत" या दोन शब्दातच त्याचे कार्य सांगता येत असले तरी अकार्बनी रसायनशास्त्राच्या क्षेत्रात ते नव-युग-निर्माते ठरले आहे.

रसायज्ञानी जेव्हा धातु आणि अमोनिया यांच्यातील प्रक्रियांचा अभ्यास हाती घेतला तेव्हा या साऱ्या प्रकारास सुरुवात झाली. एका साध्या प्रकारच्या क्षाराच्या द्रावात, उदाहरणार्थ कॉपर क्लोराइडच्या द्रावात त्यानी अमोनिया मिसळला. द्रावाच्या बाष्पी भवनानंतर फार सुंदर असे हिरवे-निळे स्फटिक मि

मिळाले. त्यांच्या पृथःक्करणातून असे दिसले की ते अगदी साध्यासुध्या रचनेचे आहेत. पण तो साधेपणा चांगलाच गोंधळात टाकणारा होता.

कॉपर क्लोराइडचे रासायनिक सूत्र $CuCl_2$ असे आहे. कॉपर ऊर्फ तांबे द्वि-संयुजी आहे, सारे काही स्पष्ट आहे. तसेच अमोनियाच्या संयुगाचे स्फटिकही काही गुंतागुंतीच्या रचनेचे आहेत असेही नाही – $Cu(NH_3)_2Cl_2$.

पण असे कोणते बल किंवा शक्ती आहे की ज्यामुळे अमोनियाचे दोन रेणु एवढ्या स्थैर्यपूर्वक तांब्याच्या अणूशी जोडले गेले? या अणूच्या दोन संयुजा तर क्लोरिन अणूशी बंध निर्मिण्यात केव्हाच वापरल्या गेल्या. तर मग अशी शक्यता वाटते की या संयुगात तांबे त्रि-संयुजी असावे.

अशा स्वरूपाचे आणखी एक उदाहरण म्हणजे $Co(NH_3)_6Cl_3$ या कोबाल्ट संयुगाचे. कोबाल्ट हे एक खास प्रकारचे त्रिसंयुजात्मक मूलद्रव्य आहे खरे पण या संयुगात ते नवसायुजी (नऊ सायुजांचे) असल्याचे दिसते.

अशी अनेक संयुगे संश्लेषित केली गेली आणि प्रत्येक संयुग म्हणजे संयुजांच्या सिद्धांतात न उलगडलेल्या जागा ठरल्या.

तर्कशुद्ध स्पष्टीकरणास या परिस्थितीत जागाच राहिली नाही. अनेक धातूंच्या बाबतीत अगदी विपरीत स्वरूपात संयुजा आढळल्या.

या चमत्कारिक प्रकारांबाबत सुसंगत विचार मांडण्याच्या कामी आल्फ्रेड वेर्नेर यशस्वी ठरला.

वेर्नेरचा युक्तिवाद असा की आपल्या नेहमीच्या, 'कायदेशीर' संयुजा पूर्णतया वापरल्यानंतर अणु जादा संयुजा व्यक्त करतात. उदाहरणार्थ, तांब्याच्या दोन मुख्य संयुजा क्लोरिन अणूसाठी वापरल्या गेल्यानंतर त्यास अमोनियाशी संयोगित होण्यास आणखी दोन संयुजा उपलब्ध होतात.

$Cu(NH_3)_2Cl_2$ अशासारख्या संयुगाना जटिल संयुगे असे म्हटले जाते. या संयुगात $[Cu(NH_3)_2]^{2+}$ हा कॅटायन जटिल आहे. अशीही अनेक संयुगे आहेत की ज्यामध्ये ॲनायन हा जटिल स्वरूपाचा असतो. उदाहरणार्थ $K_2\ [PtCl_6]^{-}$ यामध्ये $[PtCl]^{2-}$ हा ॲनायन जटिल आहे. पण अशा प्रकारे किती दुय्यम

संयुजा धातु व्यक्त करू शकतो? हे त्याच्या सहबद्धतेच्या संख्येवर अवलंबून असते. त्याचे सर्वात कमी मूल्य २ असून अत्यधिक मूल्य १२ आहे. वरील कॉपर-अमोनिया संयुगात ती संख्या दोन असून कॉपरच्या अणूशी अमोनियाचे किती अणु संयोग पावले ते ती दर्शविते.

अशा प्रकारे संयुजांच्या चमत्कारिक आविष्काराचे रहस्य उलगडले.

अशी एका लाखापेक्षा जास्त जटिल संयुगे आज ज्ञात आहेत. त्यांचा साऱ्या जगातील प्रयोगशाळांमधून आणि विज्ञान संस्थांमधून अभ्यास चालू आहे. सर्व पदार्थ कसे तयार झाले आहे आणि ते तसे का याचा अभ्यास करणाऱ्या सैद्धांतिक रसायनशास्त्रज्ञांपुरतेच काही त्यांचे महत्त्व मर्यादित नाही. अशी जटिल संयुगे नसतील तर जीवनच उरणार नाही. रक्तातील महत्त्वाचे असे हीमोग्लोबिन आणि वनस्पती-जीवनाचा पाया असलेले क्लोरोफिल, ही जटिल संयुगेच आहेत. कित्येक किण्वन आणि एन्झाईम पदार्थ सुद्धा जटिल संयुगातच मोडतात.

अनेक धातु अगदी शुद्ध स्वरूपात मिळविण्याच्या कामी ही जटिल संयुगे उपयोगी पडतात. त्यांचा रंजकद्रव्ये म्हणूनही महत्त्वपूर्ण वापर होतो आणि प पाण्याच्या सुफेनीकरणातही ती वापरली जातात. थोडक्यात, 'सर्वव्यापी संयुगे' असे त्यांचे सार्थ वर्णन ठरेल.

साध्या संयुगांमार्फत आश्चर्याचा धक्का!

आजकाल छायाचित्रण शिकणे फारच सोपे काम झाले आहे. शाळकरी मुलेही त्यात तरबेज असल्याचे दिसते. हे शिकताना विविध प्रक्रियांच्या माहितीची मुळीच जरूरी नसते. (खरे तर अगदी तज्ज्ञासही त्यापैकी काहींचे ज्ञान नसते.) पण स्नॅपशॉट घेण्यास आणि चित्र-विकसन करण्यास, ते कागदावर उमटविण्यास थोडासा सराव आणि वडीलधाऱ्या व्यक्तीचा योग्य सल्ला एवढी शिदोरी पुरेशी असते.

छायाचित्रकार काय काय करतात त्याचा खोलवर विचार करण्याची गरजच पडत नाही.

तशी त्यास भरपूर माहिती असते. उदाहरणार्थ, काही वेळा छायाचित्रावर

पिवळे डाग उमटतात, विशेषत: छायाचित्र बराच काळ उघड्यावर म्हणजेच उजेडात ठेवले तर हे डाग प्रकर्षाने पहावयास मिळतात. याबाबत छायाचित्र-काराचा खुलासा असा की कागदाचे अथवा फिल्मचे प्रतिबंधन अपुऱ्या प्रमाणात झाले असावे.

छायाचित्रणात कागद, फिल्म किंवा काच यावरील प्रकाशसंवेदी संयुगे (चांदीची लवणे) धुवून काढली जातात. असे केल्याने त्यावर पुन्हा प्रकाश पडला तरी कोणतीच प्रकाश-रासायनिक क्रिया घडून येत नाही. यासच प्रति-बंधन म्हणतात.

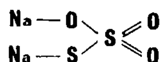
वर 'प्रतिबंधन अपुऱ्या प्रमाणात झाले' असे जे म्हटले आहे त्याचा अर्थ असा की धुण्याची क्रिया पूर्णपणे झाली नाही. अशी क्रिया करणाऱ्या द्रावणात काच-फिल्म-कागद पुरेसा वेळ ठेवला गेला नाही.

थोडक्यात, फोटो घेतल्यानंतर प्रकाश-रासायनिक क्रियेच्या आभावी विघ-टित न झालेले सिल्व्हर ब्रोमाईड धुवून टाकणे अगत्याचे असते.

त्यासाठी अनेक प्रतिबंधक संयुगे वापरली जातात. पण चांगले स्वस्त आणि मोठे लोकप्रिय संयुग म्हणजे हायपो हे होय. रसायज्ञ त्यास सोडियम थायोसल्फेट म्हणतात.

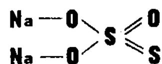
पण तत्पूर्वी सोडियम सल्फेटबाबत चार शब्द सांगणे जरूर आहे. फार पूर्वीपासून हे संयुग ज्ञात असून जर्मन रसायज्ञ जोहान् ग्लॉबर याने ते शोधले. म्हणूनच, सोडियम सल्फेटला ग्लॉबर सॉल्ट असेही दुसरे नाव आहे. $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ असे त्याचे रासायनिक सूत्र आहे.

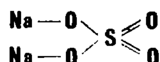
संयुगांची संरचनात्मक सूत्रे रेखाटण्याची रसायज्ञाना मोठीच हौस असते. निर्जल सोडियम सल्फेटचे रेखाटन पुढीलप्रमाणे करतात:



या सूत्रावर अगदी नवख्या रसायज्ञाने जरी ओझरती दृष्टी टाकली तरी त्याच्या लक्षात येईल की त्यातील सल्फर ऊर्फ गंधक हा धनस्वरूपी षट्-सयुजी असून ऑक्सिजन ऋणस्वरूपी द्वि-संयुजेचा आहे.

थायोसल्फेटची घटना जवळजवळ अगदी याच स्वरूपाची आहे. एकच क्षुल्लक फरक आढळतो, तो म्हणजे ऑक्सिजन अणूंपैकी एकाची जागा सल्फर अणूने घेतलेली असते. ती अशी :





अगदीच साधासोपा प्रकार, नाही का? पण थायोसल्फेट संयुग केवढे वैचित्र्यपूर्ण असते! त्यामध्ये दोन सल्फरचे अणु असून ते भिन्न संयुजेचे आहेत. त्यापैकी एकाचा भार ६ – आहे तर दुसऱ्याचा २ – आहे. असा प्रकार रसायज्ञांच्या अनुभवास काही फार वेळा येतो असे नाही.

असे वैचित्र्य आपणास साध्यासुध्या पदार्थात नेहमीच आढळते.

जे हंफ्री डेव्हीस ठाऊक नव्हते...

इंग्रज रसायनशास्त्रज्ञ हंफ्री डेव्ही याच्या शास्त्रीय कामगिऱ्यांची यादी चांगलीच लांबलचक आहे.

तो केवळ बुद्धिमान शास्त्रज्ञच होता असे नव्हे तर मोठा कल्पक संशोधकही होता. जी जी समस्या डेव्हीने हाती घेतली ती त्याने यशस्वीपणे उकलल्याचेच दिसून येते. नवीन रासायनिक संयुगे त्याने काही कमी संख्येने तयार केली नाहीत. शिवाय त्याने नव्याने प्रचलित केलेल्या संशोधन-पद्धतीही मोठ्या संख्येत भरतात. डेव्हीने चार नवी मूलद्रव्येही शोधली ते वेगळेच. पोटॅशिअम आणि सोडिअम, मॅग्नेशिअम आणि बेरिअम ही त्या मूलद्रव्यांची नावे.

आपल्या एका लहानशा निबंधात त्याने एका साध्यासुध्या रासायनिक

संयुगाच्या निर्मितीबद्दल माहिती दिली आहे. क्लोरिन हायड्रेट हे ते संयुग असून त्यामध्ये पाण्याचे सहा रेणु क्लोरिनच्या रेणूशी संयोग पावलेले असतात – $Cl_2 \cdot 6H_2O$.

या संयुगाच्या गुणधर्मांचा डेव्हीने जरी बारकाईने अभ्यास केला असला तरी खुद्द त्याच्याही ध्यानी आले नाही की आपण एक अगदी वेगळया स्वरूपाचे 'संयुग तयार केलेले आहे – रासायनिक बंध नसलेले संयुग !

हे स्पष्ट झाले ते विसाव्या शतकातील रसायज्ञाना. क्लोरिन हायड्रेटच्या स्वरूपाचा संयुजेच्या नवकल्पनांनुसार आढावा ते घेऊ लागले, पण त्यात त्याना अपयशच आले. हा पदार्थ म्हणजे एक बिकट समस्याच ठरली. तेवढा एकच पदार्थ आहे असाही प्रकार नव्हता.

मागे आपण पाहिलेच की अक्रियाशील वायु हे खरोखरीच अक्रियाकारक असावेत का याचा शास्त्रज्ञ कित्येक दशके विचार करीत होते. त्याना कोणत्या ना कोणत्या मार्गे रासायनिक प्रक्रियेत भाग घेण्यास कसे प्रवृत्त करता येईल याचा खूप विचार झाला. या समस्येची कोणत्या प्रकारे उकल झाली ते आपणास ठाऊक आहेच. समस्या जरी या ना त्या स्वरूपात उरलेली असली तरी अर्-गॉन, क्रिप्टॉन, झेनॉन आणि रेडॉन यापासून हायड्रेट-संयुगे तयार करण्यात संशोधक यशस्वी झाले आहेत. या हायड्रेट संयुगात नेहमीचे सामान्य बंध नसतात, तरीसुद्धा त्यापैकी अनेक संयुगे तुलनात्मकदृष्टया स्थिरस्वरूपी पदार्थ आहेत.

युरिया हे कार्बनी संयुग म्हणजे रसायज्ञांची आणखी एक डोकेदुखी होती. अनेक हायड्रोकार्बन व अल्कोहोल संयुगांशी युरिया सहजगत्या संयोग पावते. ही अनोखी 'मैत्री' मोठी कुतुहलजनक ठरली : अशा कोणत्या प्रेरणा आहेत की ज्यामुळे युरिया आणि अल्कोहोल एकमेकास आकर्षित करतात ? रासायनिक बल किंवा खेच वगळता दुसरे काही...

तसा प्रकार कोणता का असेना, पण संयुगांचा हा नवा वर्ग – रासायनिक बंधविरहित वर्ग – मोठ्या त्वरेने वाढत आहे.

पण त्यामध्ये काही दैवी चमत्काराचा संभव आहे असे मुळीच नाही.

जे दोन रेणु संयोग पावतात ते एक सारखे नसतात. त्यापैकी एकजण 'यजमाना'ची भूमिका वठवितो तर दुसरा 'पाहुणा' म्हणून वागतो.

यजमान-रेणु स्फटिक जालक तयार करतात. या जालकात नेहमीच आंतर्छिद्रे किंवा भेगा असून त्या अणूनी भरल्या गेलेल्या नसतात. पाहुणे-रेणु ही छिद्रे व्यापतात. पण त्यांच्यातील आदरसत्काराची रीत आगळीच असते. पाहुणे आपल्या यजमानाच्या घरात दीर्घकाल वास्तव्य करतात; त्याना या स्फटिक जालकातील छिद्रे सहजासहजी सोडता येत नाहीत.

अशा तऱ्हेने क्लोरिन, अर्गॉन, क्रिप्टॉन आणि इतर वायूंचे रेणु, पाण्याच्या स्फटिक जालकात जणु गुंतून पडतात.

वेगवेगळ्या रेणूंमध्ये रासायनिक बंध नसणाऱ्या अशा अनेक पदार्थाना रसायज्ञ क्लॅथ्रेट संयुगे (सकोशिक संयुगे) म्हणून ओळखतात.

२६, २८ किंवा खूपच वैशिष्टचपूर्ण

या पदार्थांना कॅटेनेन संयुगे असे म्हणतात. 'कॅटेना' या लॅटिन शब्दाचा अर्थ साखळी असा होतो व त्यावरूनच कॅटेनेन शब्द तयार झाला.

त्यात विशेष काय? साखळी या शब्दाने खास असे काही ध्वनित होत नाही. कार्बनी रसायनशास्त्राच्या शब्दावलीत इतर संज्ञांएवढाच तो सर्वसामान्य आहे.

पण साखळ्यांचेच सर्वत्र साम्राज्य आहे. आपल्या पाहण्यात आलेच आहे की या साखळ्या सरल रेषात्मक असतात, शाखाधारी असतात आणि कित्येकदा गुंतागुंतीच्या आकृत्यातही पहावयास मिळतात.

पण क्षणभर थांबा आणि जरा विचार करा. कार्बनी संयुगांच्या संदर्भात साखळी ही कल्पना वर्णनात्मक अथवा चिन्हस्वरूपी आहे पण ती नेमकी कल्पना नाही. तिच्या दैनंदिन वा सर्रास अर्थानुसार साखळी हा शब्द काहीतरी वेगळाच अर्थ सुचवितो. तीमधल्या कड्यांत दृढ असा बंध नसतो तर त्या एकातून दुसरी

याप्रमाणे सहजगत्या जाणाऱ्या असतात. जटिल अशा कार्बनी संयुगात ही वलये जणू 'डाख' दिल्याप्रमाणे एकमेकाना जोडलेली असतात. उदाहरण म्हणून ॲन्थ्रासीनमधल्या तीन बेंझिन वलयांचा उल्लेख करता येईल. वलयांची ती साखळी दिसते खरी पण ती साखळीच आहे असे म्हणता येत नाही.

साहजिकच रसायज्ञांच्या डोक्यात कल्पना घोळू लागली की वेगवेगळी स्वतंत्र वलये, सर्वसाधारण साखळीतच्या कड्यांप्रमाणे गुंफणे शक्य आहे का? त्यांचे स्वरूप पुढीलप्रमाणे दिसेल :



थोडक्यात, शास्त्रज्ञाना चक्रीय रेणु, रासायनिक बंधाशिवाय जोडता आले तर हवे होते, केवळ यांत्रिकपणे जोडले गेलेले असे म्हणू या पाहिजे तर.

ही कल्पना शास्त्रज्ञांच्या मनात बरीच वर्षे आकार घेत होती. सैद्धांतिक भाग त्यांच्या बजूस होता. त्यानुसार अशा संश्लेषणात कोणताच अडथळा ओलांडता न येण्याजोगा नव्हता. अशी वलये एकमेकांमध्ये अडकविल्यास प्रत्येक वलयात कार्बनचे किती अणु असावयास पाहिजेत याची आकडेमोडही शास्त्रज्ञ करू शकत होते.

प्रत्यक्षात हे साधण्यासाठी परिस्थिती फारच प्रतिकूल होती. प्रत्येक वेळी संश्लेषणाची क्रिया कोणत्या ना कोणत्या टप्प्यास अडखळत असे. त्यावर मात करण्यासाठी कोणती युक्ती योजावी या चिंतेने रसायज्ञाना पुरते ग्रासले होते.

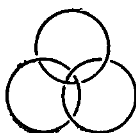
अशा प्रकारचे नवे संयुग १९६४ च्या एप्रिल महिन्यातील एका सुप्रभाती जन्मास आले. ल्युट्रिंगहॉस आणि स्किल हे दोन जर्मन रसायज्ञ त्याचे जन्मदाते ठरले. त्यासाठी क्रमवार वीस रासायनिक क्रिया कराव्या लागल्या, वीस टप्पे आलांडवे लागले.

या संयुगात रेणूंची चक्राकार रचना असलेल्या दोन वलयांची, साखळीतील

कड्यांप्रमाणे गुंफण झालेली आहे. एका चक्रात २६ तर दुसऱ्यात २८ कार्बन अणु आहेत. त्यानुसारच, कॅटेनेन २६, २८ असे नीरस, गद्यात्मक नाव त्यास मिळाले आहे.

एकमेकात गुंफलेल्या दोन चक्रांचा प्रकार कॅटेनेन रसायनशास्त्रात आता जुना झाला. शास्त्रज्ञ आता अधिक गुंतागुंतीच्या गुंफणक्रियेत मग्न झाले आहेत. उदाहरण म्हणून पुढील गुंफण पहा :





तीन कड्या असलेल्या कॅटेनेन संयुगांच्या या प्रतिकृती आहेत. डावीकडच्या प्रकारात मधल्या वलयात कार्बनचे २६ अणु असलेच पाहिजेत आणि उरलेल्या दोहोंमध्ये प्रत्येकी २० हवेत. अधिक गुंतागुंतीच्या अशा उजवीकडील प्रकारात, प्रत्येक वलयात किमान २० अणु हवेतच.

कॅटेनेनच्या कुटुंबातील सर्व प्रथम जन्मास आलेल्या कॅटेनेन २६, २C या बालकाचा तोंडवळा आश्चर्यकारकरित्या सर्वसामान्य होता, १२५ अंश सें. तपमानाला वितळणारे ते एक शुभ्रवर्णी स्फटिकरूप व चूर्णस्वरूपी संयुग आहे.

कॅटेनेन निसर्गात आढळतात? निसर्गात सारे काही उपयुक्त असून निसर्ग व्यर्थ श्रम करीत नाही. निसर्गात कॅटेनेन संयुगे जर असलीच तर ती आपली विशिष्ट जबाबदारी नक्कीच पार पाडत असले पाहिजेत.

त्यांचा शोध शास्त्रज्ञानी घेतला पाहिजे.

कॅडेटच्या द्रवपदार्थांची प्रशंसा

१७६० मध्ये कॅडेट नामक एका फ्रेंच रसायज्ञाने इतिहास घडविणारी एक कामगिरी केली. तसा तो काही फारसा प्रसिद्ध नव्हता आणि आपण काय करतो आहोत याचा त्यालाही पत्ता नव्हता.

एकदा आपल्या प्रयोगशाळेत त्याने पुढील प्रयोग केला. (तो कशासाठी हे आम्हालाही ठाऊक नाही.)

कॅडेटने अर्सेनिक ऑक्साइडबरोबर पोटॅशिअम ॲसेटेट तापविले. त्यातून कोणता निष्कर्ष मिळाला किंवा कोणते संयुग तयार झाले हे पाहण्याचे त्याने कष्ट घेतले नाहीत. कारण तयार झालेला पदार्थ खरोखरीच वाताहात करणाऱ्या अति दुष्ट प्रवृत्तीचा होता.

तो एक कृष्णवर्णी दाट द्रवपदार्थ होता. हवेत धुमसून त्याच्या वाफा निघत आणि चटकन ज्वाला निर्माण होत. शिवाय, त्याला अति घाणेरडा वास येत असे.

कॅडेटचे हे 'बनावट' संयुग पुढे सत्तरएक वर्षांनी तपासले गेले. त्याचे मुख्य घटक म्हणजे अर्सेनिकप्रधान व मोठी तऱ्हेवाईक अशी संयुगे होती.

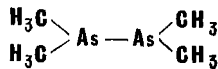


त्यांचा तऱ्हेवाईकपणा समजून घेण्यापूर्वी एक गोष्ट ध्यानात घेतली पाहिजे की साऱ्या कार्बनी पदार्थांचे सर्वसामान्य असे एक खास वैशिष्ट्य असते, ते म्हणजे त्यांची उभारणी कार्बन अणूंच्या साखळ्यांवर झालेली असते, मग त्या साखळ्या सरल रेषात्मक असतील, शाखामय असतील किंवा वलयाकृती असतील. हे खरे की इतर मूलद्रव्यांचे अणु या साखळ्यात

गुंफलेले असणे शक्य असते; पण अशी फारच थोडी मूलद्रव्ये आहेत. (त्याना ऑर्‌गॅनोजेन असे म्हणतात.) ती म्हणजे ऑक्सिजन, नायट्रोजन, हायड्रोजन, सल्फर ऊर्फ गंधक आणि फार तर फॉस्फरस एवढीच आहेत.

अर्सेनिक तर त्यांच्यापैकी एक मुळीच नाही.

कॅडेटच्या द्रावात एक खास प्रदार्थ होता व त्याचे नाव 'कॅकोडाईल' (घाणेरडा वास अशा अर्थी कॅकोडेस या ग्रीक शब्दापासून तो तयार झालेला आहे.) असे होते. त्याची घटना अशा स्वरूपाची आहे की कार्बन अणूंमध्ये अर्सेनिकचे अणु आतपर्यंत पिळले जाऊन घट्टपणे रूतले आहेत:



अशा प्रकारे ज्या कार्बनी संयुगांच्या कार्बनच्या साखळयात धातु अथवा अधातु यांचे अणु असतील त्याना नैकविध-कार्बनी किंवा असम-कार्बनी संयुगे म्हटले जाते. साखळीतील मूलद्रव्य धातु असेल तर त्याना कार्बनधात्विक संयुग म्हटले जाते.

एकंदरीत कॅडेटने जगातील पहिले नैकविध-कार्बनी संयुग शोधले तर.

आजकाल अशा प्रकारचे पंधरा हजारपेक्षा जास्त पदार्थ ज्ञात आहेत. नैकविध-कार्बनी व विशेषत: कार्बन-धात्विक रसायनशास्त्र ही एक स्वतंत्र आणि विस्तृत स्वरूपाची शाखाच ठरली आहे. आजच्या आपल्या काळात विज्ञानाच्या उपशाखा कशा संकेतबद्ध आहेत हे यामुळे पुन्हा पहावयास मिळते.

हे जडस्वरूपी धातु ज्या संयुगात मोठी महत्त्वपूर्ण कामगिरी बजावितात त्यांचे रसायनशास्त्र कशा प्रकारचे आहे?

तसेच, हजारोंच्या संख्येने अनेक बाबतीत केवळ कार्बनी स्वरूपाचे पदार्थ असणाऱ्या या शास्त्रास अ-कार्बनी रसायनशास्त्र असे तरी कसे काय म्हणावे?

शास्त्रीय जगतात अत्यधिक स्वारस्य कार्बन-धात्विक संयुगामध्ये आहे. धातु अणु आणि कार्बन अणु यांच्यातील जो बंध आहे तोच तर मोठा लक्ष्यवेधक आहे.

विशाल घरातील मुख्य उपगटातील बहुतेक सारे धातु कार्बन-धात्विक संयुगात असू शकतात.

त्यांचे गुणधर्म तर फारच परस्परविरोधी आढळतात.

काही तर शून्य अंशापेक्षा कितीतरी खालच्या तपमानात फार जोराने स्फोट पावतात; तर काहींची उष्णतारोधकता फारच उत्कृष्ठ दर्जाची असते.

काही रासायनिकदृष्टचा अतिक्रियाशील तर काही कोणत्याही बाह्य परिणामांस दाद देण्याबाबत अत्यंत नाखुष असतात. त्यांच्यापैकी प्रत्येक शेवटचे संयुग विषारी असते. याला अपवाद म्हणजे जर्मानिअमची कार्बन-धात्विक संयुगे. ती बिनविषारी का, हे एक कोडेच आहे. या नैकविध-कार्बनी संयुगांचा अतिशय विस्तृत प्रमाणात आणि विविध क्षेत्रात उपयोग होतो. प्लॅस्टिक्स आणि रबर तयार करण्यामध्ये ती वापरली जातात. तसेच अतिशुद्ध धातुंच्या निर्मितीत व अर्धवाहकांच्या उत्पादनात त्यांचा उपयोग केला जातोच. औषधी द्रव्ये, कीटकनाशके यांच्या निर्मितीत व मोटार आणि अग्निबाणांच्या इंधनांत घटक म्हणून ती महत्त्वपूर्ण आहेत. रासायनिक अभिकारके आणि उत्प्रेरके म्हणून त्यांचे फारच महत्त्व असून अनेक महत्त्वाच्या प्रक्रिया त्यांच्या सहाय्याने यशस्वीरीत्या पार पाडल्या जातात.

सोविएत संघात नैकविध-कार्बनी रसायज्ञांची मोठी परंपरा असून नुकतेच लेनिन पारितोषिक मिळालेले ॲकॅडेमिशियन अलेक्सांद्र नेस्मेयानोव हे त्यांचे अर्ध्वयु ठरतात.

"टीईएल" ची कहाणी

टीईएल हे एक संक्षिप्त नाव आहे. माणसाच्या दैनंदिन जीवनात अतिशय उपयुक्त ठरणाऱ्या संयुगाचे ते नाव आहे. ते पेट्रोलची बचत करण्यास मदत करते. काळाच्या ओघात या टीईएलमुळे किती लिटर पेट्रोलची बचत झाली याचा कुणी विचार केला नाही खरा पण ही बचत नक्कीच मोठ्या प्रमाणात झालेली असणार यात शंका नाही.

गूढ वाटणारा हा टीईएल काय प्रकार आहे? रसायज्ञ असे सांगेल: टीईएल हे एक कार्बन-धात्विक संयुग असून ते इथेन या हायड्रोकार्बनच्या आणि लेड ऊर्फ शिशाच्या संयोगातून तयार झालेले आहे. इथेन (C_2H_6)) च्या चार रेणूतील प्रत्येकी एक असे हायड्रोजन अणु काढून टाका; त्यामुळे अस्तित्वात येणारे हायड्रोकार्बन मूलक (एथिल C_2H_5) शिशाच्या एका अणूस जोडा म्हणजे $Pb(C_2H_5)_4$ असे बऱ्यापैकी सोपे सूत्र असणाऱ्या पदार्थाचा रेणु मिळेल. हेच ते टीईएल ऊर्फ टेट्राइथिललेड!

टीईएल हा वजनदार द्रव पदार्थ असून ते किंचित् हिरव्या रंगाचे आणि ताज्या फळाचा जाणवेल न जाणवेल इतपत वास येणारे आहे. पण ते निर्धोक समजण्याचे मुळीच कारण नाही; हा पदार्थ फार विषारी स्वरूपाचा आहे.

टीईएल तसे चारचौघा पदार्थांसारखेच वाटते; त्याच्यापेक्षा अधिक वैशिष्टचपूर्ण असे कितीतरी पदार्थ रसायज्ञाना ठाऊक आहेत. पण मोटारच्या टाकीत केवळ अर्धा टक्काच टीईएल मिसळा आणि काय जादू घडते ते पहाच.

कोणत्याही मोटारीचे किंवा विमानाचे हृदय म्हणजे त्यांचे इंजिन. त्याच्या कार्यामागील तत्त्व अगदी साधेच आहे. पेट्रोल आणि हवा यांचे मिश्रण इंजिनाच्या सिलिंडरमध्ये (दंडगोलाकृती पोकळीत) दाबाखाली भरले जाते. मग ते विद्युत ठिणगीच्या सहाय्याने पेटविले जाते. पेटता क्षणीच स्फोट होतो व ऊर्जा निर्माण होते; इंजिन चालू होते.

पेट्रोल-हवा यांच्या मिश्रणाचे जे संकोचन-गुणोत्तर असते त्यावर बरेच काही अवलंबून असते. हे गुणोत्तर जेवढे अधिक तेवढी इंजिनाची शक्ती अधिक आणि तेवढीच इंधनाचा काटकसरीने उपयोग होण्यास मदत होते. हा झाला तात्त्विक विचार. प्रत्यक्षात आपणास मिश्रणाचे संकोचन जरी अधिकाधिक हवे असले तरी ते शक्य होत नाही. त्यामुळे इंजिनात बिघाड निर्माण होण्यास वाव मिळतो. इंधनाचे अपूर्ण, एकसारखे ज्वलन न झाल्यामुळे इंजिन अमर्याद तापते, त्याचे भाग झिजू लागतात, खराब होतात आणि पेट्रोल निरूपयोगीपणे जादा प्रमाणात खर्च होते.

यासाठी इंजिनाच्या संरचनेत वेळोवेळी सुधारणा केल्या गेल्या व शुद्ध प्रतीचे पेट्रोल वापरण्यात आले; पण ही नुसती मलमपट्टी झाली, मूळ दुखणे काही फारसे बरे झाले नाही. इंजिनांतील इंधनाचा अवेळी स्फोट किंवा ज्वलन होणे (नॉकिंग) चालूच राहते व ते जादा प्रमाणात तापते. अनियमितपणे होणाऱ्या स्फोटांमुळे अखेर इंजिनाच्या उपयुक्त आयुष्यात घट होते.

बराच विचार केल्यावर शास्त्रज्ञानी असा निष्कर्ष काढला की इंधनाचे गुणधर्म जर बदलले तर हे अनियमित स्फोट टाळता येतील आणि इंधनाचे ज्वलन एकसारख्या गतीने होऊ शकेल.

पण हे कसे साध्य होणार?

थॉमस मिग्ली या अमेरिकन रसायज्ञाने या समस्येचा खूपच सखोल अभ्यास केला. त्याने सुचविलेला पहिला उपाय फारच चकित करणारा होता. त्याने असा दावा केला की पेट्रोल जर लालरंगी केले तर ते जादा प्रमाणात उष्णता शोषून घेईल आणि मग अधिक ज्वलनशील बनेल. यामुळे इंधन-हवा मिश्रण अधिक प्रमाणात संकोचित करता येईल.

मिग्लीने थोडेसे आयोडिन मिसळून पेट्रोल रंगीत केले. त्यामुळे पेट्रोल खरोखरीच कमी प्रमाणात स्फोट पावू लागले. मिग्लीला खूपच आनंद झाला. पण जेव्हा नेहमीचे रंग वापरले गेले तेव्हा पुन्हा पूर्वीचे त्रास होऊ लागले.

एकंदरीत रंगाचा काही संबंध नसल्याचे सिद्ध झाले. मिग्लीचा हिरमोड तात्पुरताच ठरला. त्याला एक नाविन्यपूर्ण कल्पना सुचली: असा एखादा पदार्थ शोधावा की जो अगदी थोडासाच मिसळूनही पेट्रोलच्या गुणधर्मात मोठे उपयुक्त बदल करता येतील.

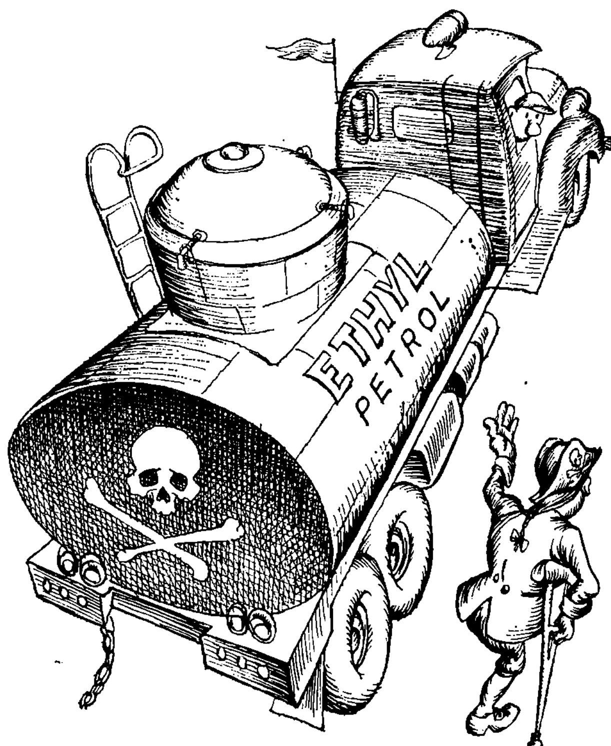
आयोडिनमुळे थोडासाच फरक पडला. त्याऐवजी इतर पदार्थांचा, मग ते साधे असोत किंवा गुंतागुंतीचे असोत, शोध घेतला पाहिजे. शेकडो, हजारो संयुगे वापरून पाहिली. त्यासाठी रसायज्ञ आणि इंजिनिअर यांची जोडी जमली. यातून असा एक निष्कर्ष मिळाला की अनियमित स्फोट-प्रकारास आळा घालणारा पदार्थ, उच्च अणु-भार असणाऱ्या मूलद्रव्यांच्या संयुगात शोधला पाहिजे. उदा-

हरणार्थ, शिशाची संयुगे या दृष्टीने तपासण्यास कोणती हरकत आहे?

पण पेट्रोलमध्ये शिसे मिसळावयाचे कसे? खुद्द शिसे किंवा त्याचे कोणतेही क्षार पेट्रोलमध्ये न विरघळणारे आहेत. मग एकच शक्यता उरते, ती म्हणजे शिशाचे कोणते तरी कार्बनी संयुग वापरून पाहिले पाहिजे.

नेमके याच वेळी 'टेट्राएथिललेड' ऊर्फ टीईएल हा शब्द उच्चारला गेला. ही घटना १९२१ सालातील आहे.

टीईएलचा क्षुल्लक प्रमाणातील वापर मोठा स्तिमित करणारा ठरला.



इंधनाच्या गुणवत्तेत एकदम वाढ झाली. इंधन-हवा मिश्रण पूर्वीपेक्षा दुपटीने अधिक संकोचित करता येऊ लागले. याचा अर्थ असा होतो की वाहन जरी तितक्याच वेगाने पळत असले तरी इंधन मात्र पूर्वीपेक्षा निम्म्याने खर्ची पडते. मोटारींच्या व विमानांच्या इंजिनात अवेळी होणारे स्फोट टळले, इंजिनांचे उपयुक्त आयुष्य वाढण्यास मदत झाली.

या साऱ्या प्रकाराच्या संदर्भात हा एक अर्थशास्त्रीय परिणामही ध्यानात घ्या. टीईएलचे जागतिक उत्पादन एवढे प्रचंड झाले आहे की त्यामुळे शिशाचा नैसर्गिक साठा संपुष्टात येण्याचा धोका निर्माण झाला आहे.

अति विषारीपणा ही टीईएलची फार मोठी त्रासदायक समस्या आहे. ते वाहून नेणाऱ्या मालमोटारींवर, "एथिल पेट्रोल. विषारी" असे शब्द रंग-विलेले तुमच्या पाहण्यात आलेच असतील. टीईएलयुक्त पेट्रोल हाताळताना फार काळजी घ्यावी लागते.

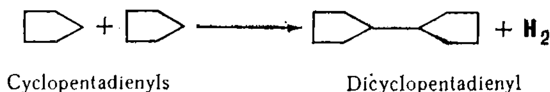
अनियमित ज्वलनास आळा घालणारे टीईएल हे एक अग्रेसर संयुग ठरले असून आजही त्याचे महत्त्व वादातीत आहे. पण तेवढेच उपयुक्त आणि बिन-विषारी असणाऱ्या नव्या संयुगांच्या शोधातही शास्त्रज्ञ गर्क आहेत. तसा एक पदार्थ शोधण्यातही आला आहे. त्याचे नाव सीएम्टी असे असून, म्हणजे काय, हे जाणण्यासाठी पुढील हकिकत वाचा.

सँडविच्‌चा आगळा प्रकार

आज ठाऊक असणाऱ्या कार्बन-धात्विक संयुगाची संख्या दहा हजारांवर भरते. पण पंधराएक वर्षांपूर्वी मात्र या कार्बन-धात्विक रसायनशास्त्रात एक डोकेदुखीची समस्या शास्त्रज्ञाना सतावित होती. कार्बनी रेणूंमध्ये, तथाकथित संक्रमणावस्थेतील मूलद्रव्ये सरकविण्यात काही केल्या रसायज्ञाना जमत नव्हते. आवर्त्ती पद्धतीतील दुय्यम उपगटात असलेली मूलद्रव्ये ही संक्रमणी मूलद्रव्ये होत. त्यांची संख्या पन्नासपेक्षा थोडी कमी आहे. या धातूंची कार्बनी संयुगे तयार

करण्यास अखेर रसायज्ञाना यश आले खरे पण ती फारच अस्थैर्यी आढळली ; जणू कार्बन-धात्विक संयुगांची छंदिष्ट स्वरूपेच !

विज्ञानाच्या इतिहासात अधूनमधून घडल्याप्रमाणे, १९५१ सालीही योगा-योगाने प्रवेश केला. इंग्रज रसायज्ञ पॉसन याने आपल्या कीली या विद्यार्थ्यास एक काम सांगितले. ते काम गुंतागुंतीचे होते. डायसायक्लोपेंटाडायएनिल असे चांगले लांबलचक नाव असणारे हायड्रोकार्बन संयुग संश्लेषित करण्याचे काम त्यावर सोपविले होते. त्यासाठी प्रत्येकी पाच कार्बन असणारी दोन वलये एक-त्रित गुंफणे जरूर होते. किंवा, असेही म्हणता येईल की C_5H_5 असे सूत्र असणाऱ्या दोन संयुगांपासून $C_{10}H_8$ या सूत्राचे एक संयुग तयार करण्याचे काम होते. (ते तयार करतेवेळी हायड्रोजनचे दोन अणु अलग होतील असे समजण्यात आले.)



Cyclopentadienyls Dicyclopentadienyl

कीलीस कल्पना होती की एखाद्या उत्प्रेरकाच्या सान्निध्यातच ही प्रक्रिया घडून येईल. त्यासाठी फेरस क्लोराईडचा उत्प्रेरक म्हणून वापर करण्याचे ठरविले.

एका सुप्रभाती पॉसन आणि कीली यानी अत्यानंदाने हस्तांदोलन केले. वरील प्रयोगात रंगरहित द्रवपदार्थ मिळावा अशी अपेक्षा होती पण प्रत्यक्षात नारिंगी रंगाचे सुरेख स्फटिक मिळाले. शिवाय ते स्थिरस्वरूपीही आढळले. ते ५०० अंश से. तपमानापर्यंत तापविता येत होते व कार्बनी रसायनशास्त्रच्या दृष्टीने ही वस्तुस्थिती वेगळयाच स्वरूपाची होती. पण त्या गूढ स्फटिकांचे जेव्हा पृथःक्करण केले गेले तेव्हा तर उभयता प्राध्यापकमहाशय आणि त्यांचा विद्यार्थी अधिकच बुचकळ्यात पडले. त्या स्फटिकांमध्ये कार्बन होता, हायड्रोजन होता

आणि . . . लोह होते ! लोहासारखे आगळे संक्रमणी मूलद्रव्य , तेवढ्याच आगळ्या अशा कार्बनी पदार्थाशी संयोगित झाले होते . या कार्बन-लोह संयुगाचे सूत्रही मोठे वेगळ्या स्वरूपाचे असल्याचे दृष्टोत्पत्तीस आले :



यातील दोन्ही वलये (सायक्लोपेंटाडाएन) सपाट पंचकोनाकृती , जणू पावाचे दोन तुकडे असल्याप्रमाणे असून त्या दोहोंमध्ये लोहाचा अणु गुंफला आहे . अशा प्रकारच्या संयुगाना सँडविच संयुगे असे म्हटले जाते . अशा सँडविच कुटुंबियांचा फेरोसीन (आपल्या वरील संयुगाचे हे नाव ठेवले गेले) हा पहिला प्रतिनिधी ठरला .

फेरोसीनची ही संरचना समजण्यास सोपी जावी म्हणून ती आम्ही एकाच पातळीत दाखविली आहे ; प्रत्यक्षात त्याच्या रेणूची संरचना अधिक गुंतागुंतीची असते .

फेरोसीनचे संश्लेषण म्हणजे आधुनिक रसायनशास्त्रातील एक मोठी खळबळजनक घटना ठरली . सैद्धांतिक आणि प्रत्यक्ष निर्मितीक्षेत्रातील तंत्रज्ञाना आपल्या कार्बन-धात्विक रसायनशास्त्रातील अनेक कल्पनांचा फेरविचार करावा लागला , त्यापैकी काही तर अगदी खात्रीच्या वाटत होत्या .

१९५१ मध्ये फेरोसीनचा जन्म झाला . आज अशी डझनवारी सँडविचसंयुगे ठाऊक आहेत . ही सँडविच संयुगे बहुतेक सर्व संक्रमणी धातूंपासून तयार केली जातात .

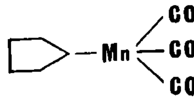
कालपर्यंत केवळ रसायनशास्त्रज्ञानाच त्यात स्वारस्य होते आणि व्यावहारिक उपयोग अस्तित्वात आले नव्हते . त्यांचे अंतर्बाह्य स्वरूप कळले नव्हते . . .

येथे आपणास आता सीएमटीची ओळख करून घेणे जरूर आहे . या पदार्थाचे संपूर्ण नाव खूपच लांबलचक आहे पण ते नादमय असल्यामुळे लक्षात ठेवणे सोपे आहे :

सायक्लोपेंटाडायएनिल –
मँगॅनीजट्रायकार्बोनिल

आणि या रेणूच्या संरचनेचा आराखडा काढणेही सोपे आहे :

वरील संरचना पाहता चटकन लक्षात येईल की पावाचा दुसरा पंचकोनी तुकडा (सायक्लोपेंटाडायएनिल वलय) त्यात नसून त्याची जागा मँगॅनीजच्या अणूने घेतली आहे व तो कार्बन मोनाक्साईडच्या तीन रेणूना जोडला गेला आहे.



इंजिनामध्ये इंधनाचे वेळीअवेळी स्फोट होण्यावर सीएमटी हा फार प्रभावी इलाज आहे, आपल्या टीईएल या जुन्या मित्रापेक्षाही त्याची कार्यक्षमता उच्च दर्जाची आहे, शिवाय ते निरूपद्रवी आहे हे वेगळेच. त्याच्या सर्व प्रकारे चाचण्या घेतल्या जात असून सीएमटी अशी अक्षरे रंगविलेल्या टाकी-वाहक मालमोटारी रस्त्यांवरून धावण्यास केव्हाच सुरुवात झाली आहे.

अर्थशास्त्रज्ञांचा असा अंदाज आहे की टीईएलऐवजी पूर्णतया सीएमटीचा वापर केल्यास दरवर्षी तीन अब्ज रूबलची बचत होईल. पण त्याहीपेक्षा सर्वात मोठा फायदा म्हणजे शहरांमधले हवामान स्वच्छ आणि निरोगी राखले जाईल.

लहरी कार्बन मोनॉक्साईड

या संयुगाबाबत गूढ किंवा चमत्कारिक असे काहीच नाही ; एक अणु कार्बनचा आणि एक अणु ऑक्सिजनचा, बस्स. कार्बन मोनॉक्साईड हे त्याचे नाव. तो आहे चांगलाच विषारी आणि रासायनिक प्रक्रियात भाग घेण्यास अति खळखळ करतो. CO असे साधे सूत्र असणाऱ्या या संयुगाचे थोडक्यात वर्णन हे असे आहे.

...तथापि, विश्वास ठेवा अगर ठेवू नका, पण एका जर्मन रासायनिक कारखान्यात १९१६ मध्ये फारचे महत्त्व नसलेली एक घटना घडली. एका पोलादी पिपामध्ये सुमारे पाचएक वर्षे हायड्रोजन आणि कार्बन मोनॉक्साईडचे मिश्रण दाबाखाली भरले होते. कुणाच्या तरी मनात आले की या पिपाचा काहीतरी उपयोग करावा. ते उघडले गेले व वायू उडून गेले. पण पिपाच्या तळाशी तपकिरी रंगाचा, पातळसर आणि नकोशा वाटणाऱ्या मातट वासाचा थोडासा द्रवपदार्थ साठल्याचे दृष्टोत्पत्तीस आले.

तो द्रवपदार्थ माहितीचाच निघाला पण असे संयुग फार दुर्मिळ असते. त्यामध्ये लोहाचा एक अणु आणि कार्बन मोनॉक्साईडचे पाच अणु असतात. रसायनशास्त्राच्या संदर्भग्रंथात या संयुगास आयर्न पेंटाकार्बोनील, $Fe(CO)_5$ असे नाव दिलेले आढळते.

(येथे ओघानेच आले म्हणून शास्त्रीय शोधांच्या योगायोगांबाबत सांगावेसे वाटते. बर्थेलॉट याने फ्रान्समध्ये आणि मॉंड याने इंग्लंडमध्ये एकाच दिवशी म्हणजे १५ जून १८९१ रोजी या आयर्न पेंटाकार्बोनीलचा शोध लावला. अशा घटना नेहमीच आढळतात असे नाही.)

त्या जुन्या पिपामध्ये आयर्न पेंटाकार्बोनील कसे काय तयार झाले असावे याचा जेव्हा विचार केला गेला तेव्हा काही जादू झाली आहे असे काहीच आढ-ळले नाही. हायड्रोजनमुळे पिपाच्या पृष्ठभागी तयार झालेल्या आयर्न ऑक्साईडचे (म्हणजे गंजाचेच) क्षपणक्रियेमार्फत अत्यंत क्रियाशील अशा आयर्नमध्ये रूपांतर झाले आणि या लोहाचा व कार्बन मोनॉक्साईडचा संयोग झाला. या साऱ्या प्रकारामागची कारणपरंपरा ध्यानात घेऊन त्या कारखान्यातील रसायज्ञानी उत्पादन-यंत्रणा उभारून कित्येक किलोग्रॅम आयर्न पेंटाकार्बोनील तयार करण्यास सुरुवात केली.

पेंटाकार्बोनीलचे काही उपयोग अस्तित्वातही आले. पेट्रोलच्या इंजिनातील अनियमित ज्वलन टाळणारे संयुग म्हणून ते उपयोगी होते. (विवेचनाच्या ओघात अशा संयुगांची भरच पडत आहे हे तुमच्या ध्यानात आले असेलच.)

आयर्न पेंटाकार्बोनील असणारे एक खास इंधन शोधले गेले व त्यास मोटालाईन असे नाव दिले गेले. पण वाहनानी ते फार काळ वापरले नाही. असा अनुभव आला की ज्वलनसमयी पेंटाकार्बोनीलचे विघटन होते आणि त्यातून निर्माण होणारे लोहचूर्ण दट्टयावरील वलयात भरून जाते. याच सुमारास टीईएल शोधले गेले...

आयर्न पेंटाकार्बोनीलचे सहजगत्या होणारे विघटन थोडा वेळ मनात ठेवू या आणि दुसऱ्या गोष्टीकडे वळू या.

कार्बोनील संयुगांचे अनेक प्रकार आज ठाऊक आहेत: क्रोमिअम आणि मॉलिब्डेनमचे ; टंगस्टन आणि युरेनिअमचे ; कोबाल्ट आणि निकेलचे ; मँगॅनीज आणि ऱ्हेनिअमचे. या संयुगांचे गुणधर्मही भिन्न भिन्न आढळतात ; काही द्रवरूप तर काही घनरूप काही चटकन विघटन पावणारे तर काही बऱ्यापैकी स्थैर्य असणारे.

पण त्यांचा एक गुणधर्म मात्र समान आहे, तसाच तो मोठा चमत्कारिक वाटण्याजोगा आहे. संयुजेची नेहमीची कल्पना कार्बोनील संयुगांच्या बाबतीत लागू पडत नाही.

तुमच्या ध्यानात असेलच की जटिल संयुगांमध्ये, धातु-आयनांशी उदासीन रेणु वेगवेगळया संख्येत संयोग पावतात. म्हणूनच अशा जटिल संयुगांच्या रसायन-शास्त्रात संयुजेऐवजी सहबद्धता संख्या वापरली जाते. मध्यवर्ती अणूशी, रेणं किंवा अणु अथवा जटिल आयन किती जोडले गेले आहेत ते सहबद्धता संख्या दर्शविते.

निसर्गाच्या करामतीचे, कार्बोनील संयुगे हे एक अधिकच वैचित्र्यपूर्ण उदाहरण ठरते. त्यामध्ये उदासीन रेणूंशी उदासीन अणु जोडलेले असतात. या संयुगातील धातूंची संयुजा शून्यच समजणे भाग आहे कारण कार्बन मोनॉक्साईड हा उदासीन रेणु आहे.

रसायनशास्त्रातील विरोधाभासाचे हे आणखी एक उदाहरण. या बाबतीत प्रांजलपणे सांगावयाचे झाले तर त्यास आजपावेतो कोणतीच तात्त्विक बैठक मिळालेली नाही.

आपली ही तात्त्विक चर्चा आता थांबवू या.

उपयुक्ततेच्या दृष्टिकोनातून धातूंची कार्बोनील संयुगे म्हणजे रूचकर खाद्यपदार्थच म्हणावा लागेल.

उत्प्रेरक म्हणून एक उपयोग आहेच. पण आणखी कितीतरी महत्त्वपूर्ण उपयोग आहेत.

एका कारखान्यात सापडलेल्या पिपाकडे आता पुन्हा वळू या. या पिपातच तळाशी आयर्न कार्बोनीलचा द्रव सापडला होता...

थोडक्यात सांगावयाचे म्हणजे त्या कारखान्यामध्ये व्यापारी प्रमाणात या संयुगाचे उत्पादन होऊ लागले. एकदा असे झाले की या उत्पादन-विभागाचा मुख्य कामगार बहुधा कोणत्या तरी स्वप्नरंजनात मग्न झाला असावा. त्यामुळेच की काय, तयार होणारे पेंटाकार्बोनील बाहेरच्या बाजूस गळत आहे हे त्याच्या ध्यानातच आले नाही. नजिकच रचलेल्या पोलादी तक्त्यांच्या राशीवर ते साचले. काही वेळाने हा गळतीचा प्रकार त्या कामगाराच्या ध्यानात आला आणि घाईगर्दीने त्याने ती गळती बंद केली. पण त्या घाईगर्दीतच कार्बोनील साचलेला पोलादी पत्रा सरकून जमिनीवर पडला आणि...

...आणि प्रचंड स्फोट झाला!

चौकशी-मंडळ नेमले गेले व त्यांच्या अनेक बैठकींनंतर निष्कर्ष निघाला: त्या पत्र्याचा स्फोट झाला कारण त्यावर अत्यंत बारीक अशा लोहचूर्णाचा थर चढला होता. सूक्ष्म आकारातील सर्वच चूर्णे, साधारणतः स्फोटक असतात. अगदी धान्याच्या पिठामुळे आणि साखरेच्या चूर्णामुळेही स्फोट झाल्याची उदाहरणे आहेत.

त्या पत्र्यावर जे लोहचूर्ण जमा झाले ते पेंटाकार्बोनीलच्या विघटनातून निर्माण झालेले होते.

धातूंच्या कार्बोनील संयुगांच्या विघटनातून अगदी सूक्ष्म आकारातील धातु-चूर्णे तयार करणे शक्य आहे या कल्पनेने रसायनशास्त्रज्ञाना चांगलेच आकर्षित केले.

त्यांच्या ध्यानात आले की अशा चूर्णांच्या अंगी खास गुणधर्म आढळतात. त्यातील कण फारच लहान म्हणजे एका मायक्रॉनच्या आसपासच्या व्यासाचे असतात. उदाहरणार्थ, ताकदवान साखळीमय रचनेचे आणि मऊ, हलके असे लोहचूर्ण मिळविता येते. उष्ण पृष्ठभागावर थर दिला असता कार्बोनीलचा सूक्ष्म पण चिवट पापुद्रा त्यावर तयार होतो. अशी चूर्णे आणि त्यांचे अत्यंत पातळ थर किंवा पापुद्रे यांच्या अंगी अत्यंत महत्त्वपूर्ण असे विद्युत व चुंबकीय गुणधर्म असतात. त्यामुळे रेडिओ आणि इलेक्ट्रॉनिक उद्योगधंद्यात त्यांचा अतिशय विस्तृत प्रमाणात वापर होतो.

चूर्ण-धातुशास्त्रातही कार्बोनील चूर्णांना मोठा वाव आहे.

रक्तवर्णी आणि हरितवर्णी

या रंगाची दोन्ही कार्बनी संयुगे मोठ्या जटिल स्वरूपाची आहेत. त्यांची संरचनात्मक सूत्रे लिहावयाची झाली तर या पुस्तकाचे सबंध पान हवे. ती जशी जटिल आहेत तशी वैशिष्ट्यपूर्णही आहेत. अनेक गुंतागुंतीच्या वलयांमध्ये त्यांच्यातील एकुलता एक धातु-अणु गुंतलेला असतो. रसायज्ञ अशा संयुगाना ग्राभ संयुगे असे म्हणतात.



एव्हाना ही दोन संयुगे कोणती हे वाचकानी बहुधा ओळखलेच असेल. हीमोग्लोबिन आणि क्लोरोफिल ही दोन संयुगे येथे अभिप्रेत आहेत. रक्ताला तांबडा रंग आणि वनस्पतीला हिरवा रंग त्यांच्यामुळेच मिळालेला असतो. पृथ्वीवरील साऱ्या सजीव पदार्थांची गुरुकिल्ली या दोन संयुगात सापडेल.

हीमोग्लोबिनचा गाभा म्हणजे

लोह होय. वेगवेगळ्या प्राण्यांमधल्या रक्तात हीमोग्लोबिन जरी वेगवेगळ्या प्रकारचे असले तरी त्या साऱ्यांची मूलभूत संरचना सारखीच असते. माणसाच्या शरिरातील रक्तात सुमारे ७५० ग्रॅम हीमोग्लोबिन असते.

श्वसनेंद्रियातील ऑक्सिजन हीमोग्लोबिनमार्फत जीवमात्रातील पेशीना, उतीना पोहोचविला जातो.

क्लोरोफिलची संरचना जवळजवळ समान स्वरूपाची असते. फरक एवढाच की त्यात लोह-अणूच्या ऐवजी मॅग्नेशिअमचा अणु असतो. क्लोरोफिलचे जीवन-पोषक कार्य फार महत्त्वाचे आणि अति गुंतागुंतीचे असते. वातावरणातील कार्बन डायॉक्साइड पचनी पाडण्यास वनस्पतीना ते साहाय्य करते.

हीमोग्लोबिन आणि क्लोरोफिल यांचे कार्य कोणत्या प्रकारच्या यंत्रणेद्वारे चालते आणि त्यामागील कार्यकरणभाव काय असावा हे समजावून घेण्यास आता कोठे सुरुवात झाली आहे. त्यांच्या मध्यभागी आयर्न ऊर्फ लोह आणि मॅग्नेशिअमचे जे अणु आहेत ते एकंदरीत फार महत्त्वपूर्ण भूमिका पार पाडत असले पाहिजेत.

पण निसर्गाची कल्पनाशक्ती अफाट आहे. अशा पॉर्फिनिक संरचनेत (म्हणजे पायरोल संयुगाच्या चार केंद्रकांची मिळून तयार होणारी वलयाकृती संरचना – त्याभोवतीच पॉर्फिरिन, हेमिन आणि क्लोरोफिल गुंफलेले असतात.) केवळ लोह आणि मॅग्नेशिअम धातूंचाच अंतर्भागी प्रवेश होतो असे नसून हा धातुमय गाभा कॉपर ऊर्फ तांबे, मँगॅनीज किंवा व्हॅनॅडिअम यांचाही असू शकतो.

या पृथ्वीतलावर असे काही प्राणी आहेत की त्यांचे रक्त निळ्या रंगाचे आहे. मृदुकाय ऊर्फ मॉलस्क प्राण्यांच्या काही जाती निळ्या रक्ताच्या आहेत. त्यांच्या रक्तातील हीमोग्लोबिनमध्ये लोहाऐवजी तांबे असते.

या आपल्या रासायनिक वस्तुसंग्रहालयात केवढ्या चमत्कृतीपूर्ण वस्तूंचा संग्रह केलेला आहे!

सारे काही एकत्रित स्वरूपात

या शतकाच्या तिसऱ्या दशकात भूस्तर रसायन शास्त्रज्ञानी एक मोठी रोचक कल्पना मांडली. त्यांच्या मतानुसार कोणत्याही नैसर्गिक नमुन्यात, मग तो दगड असो, लाकडाचा तुकडा असो, मूठभर माती असो किंवा ओंजळभर पाणी असो, त्यामध्ये पृथ्वीवरील ज्ञात असलेले प्रत्येक रासायनिक संयुग असणारच असणार. प्रथमदर्शनी हे गृहितक मोठे विचित्र, कल्पनेस न पटणारे वाटते खरे, पण कालानुसार रसायज्ञांचे डोळे अधिकाधिक तीक्ष्ण बनत चालले आहेत. पृथःक्करणाची नवीनतम तंत्रे एवढी परिपूर्ण होत आहेत की ग्रॅमचा एक-कोटयांश भागही जाणता यावा. यामुळे असे निष्पन्न झाले की भूस्तर-रसायनशास्त्रज्ञांचे म्हणणे अगदी शंभर टक्के जरी बरोबर म्हणता येत नसले तरी त्यात तथ्यांशही भरपूर आहे.

हे खरे की कोणताही दगड आपण उचलला तर त्यात सिलिकॉन आणि ॲल्युमिनियम; पोटॅशिअम आणि झिंक ऊर्फ जस्त; रूपे आणि युरेनिअम — अगदी पूर्णपणे आवर्ती पद्धती साक्षात हजर असणार. हे खरे की काहींचे प्रमाण केवळ थोडयाशाच अणूंपुरतेच असेल, पण एकंदर वस्तुस्थिती फार मनोरंजक ठरते यात शंका नाही.

एखाद्या नमुन्यात, सारी मूलद्रव्ये संयोगित स्वरूपात आढळतील — म्हणजेच साऱ्या मूलद्रव्यांचे मिळून एक संयुग आढळेल — असे समजणे फारच भाबडेपणाचे ठरेल. दगड म्हणजे रासायनिक पदार्थांचे मोठे गुंतागुंतीचे मिश्रण असते. त्यातील सर्वात महत्त्वाची (आणि सर्वात जास्त प्रमाण असणारी) मूलद्रव्ये म्हणजे सिलिकॉन, ॲल्युमिनिअम आणि ऑक्सिजन. इतर मूलद्रव्यांचा भाग अत्यंत नगण्य असून काही मूलद्रव्ये नावापुरती असतात.

ही अशी नैसर्गिक परिस्थिती आहे तर. पण रासायनिक प्रयोगशाळांबाबत काय परिस्थिती आहे? मेंदेलेयेवच्या सारणीतील सारी मूलद्रव्ये एकवटली आहेत असे संयुग शास्त्रज्ञाना तयार करता येईल का?

दहापंधरा मूलद्रव्ये असणारी संयुगे रसायज्ञानी जरूर निर्माण केली आहेत,

पण त्यापेक्षा अधिक मात्र नाहीत. शिवाय, विशाल घरातील सारी मूलद्रव्ये रासायनिक बंधाने गुंफली गेली आहेत अशा संयुगाची निर्मिती करण्याचे काम कुणीही हाती घेतलेले नाही. त्याना वेळ नाही म्हणून नव्हे तर व्यावहारिक-दृष्टचा त्यात कुणालाच स्वारस्य नाही. शिवाय, असा राक्षसी रेणु तयार करणे सध्याच्या रसायनशास्त्राच्या आवाक्याबाहेरचे आहे, अति अवघड आहे.

अवघड, पण शक्य होणारे आहे.

असे हे दुर्मिळ रासायनिक संयुग एकाच टप्प्यात, एकाच प्रक्रियेतून तयार होणारे नसून शेकडो टप्प्यातून त्याला जावे लागेल. अशा तऱ्हेची गुंतागुंतीची 'इमारत' टप्प्याटप्प्यानेच पुरी करावी लागेल. या सर्वसमावेशक संयुगाचे सूत्र कागदावर लिहिण्याच्या भानगडीत आम्ही तरी पडणार नाही; कारण असे संयुग तयार करण्याचा कुणी विचारच जर केला नाही तर सूत्र ठरविण्याचा प्रश्नच कुठे उद्‌भवतो?

समोर आराखडे, रेखाटने असल्याशिवाय इमारतीचे संभाव्य चित्र मनः-चक्षूंपुढे कधी तरी उभे राहील काय? या बाबतीत केवळ कल्पनाशक्तीला ताण देणे एवढेच आपल्या हातात

अपूर्व स्वरूपाचा अणु, अपूर्व असे रसायनशास्त्र

या अपूर्व अशा अणूचे चिन्ह आहे, Ps. मात्र मेंदेलेयेवच्या सारणीत ते शोधण्याचा तुमचा प्रयत्न व्यर्थच ठरेल. कोणत्याच मूलद्रव्याचा हा अणु नाही.

त्याचे आयुष्य केवढे तर क्षणमात्र, एक-कोटयांश सेकंदापेक्षाही कमी! म्हणून तो किरणोत्सारी ठरतो असे मुळीच नाही.

Ps हे चिन्ह पॉझिट्रॉनियमसाठी आहे. त्याची संरचना तर फारच साधी आहे.

हायड्रोजनचा अणु डोळ्यापुढे आणा. साऱ्या रासायनिक मूलद्रव्यांच्या

अणूंपेक्षा तो सर्वांत साधासुधा आहे. एकुलत्या एक प्रोटॉनभोवती एकुलता एक इलेक्ट्रॉन फिरत असतो.

काही किरणोत्सारी रूपांतरणांच्या क्रियेत, पॉझिट्रॉनच्या उत्सर्जनाबरोबरच पॉझिट्रॉनिअम अणु अस्तित्वात येतो. अत्यंत अल्पकाळासाठी का होईना, पण पॉझिट्रॉन, इलेक्ट्रॉनसह स्थिर अशी व्यवस्था अंमलात आणतो.

पॉझिट्रॉनिअममध्ये प्रोटॉनची भूमिका पॉझिट्रॉन नामक मूलभूत कण पार पाडतो. पॉझिट्रॉन हा इलेक्ट्रॉनचा प्रतिध्रुवस्था असून त्याचे वस्तुमान इलेक्ट्रॉन-एवढेच पण विद्युतभार मात्र विरुद्ध चिन्हाचा (धन) असतो.

पॉझिट्रॉन आणि इलेक्ट्रॉन या दोघांचे एकमेकावर आदळणे म्हणजे दोघां-चाही शेवट! भौतिकशास्त्रज्ञ म्हणतात त्यानुसार ते एकमेकांचा विध्वंस, सर्वनाश करतात. अथवा असेही सांगता येईल की त्यांचे रूपांतर काहीही नसण्यात म्हणजेच शून्यात होते, अगदी अचूकपणे म्हणता येईल की प्रारणात रूपांतर होते. पण कधीही समेट न होणारे हे शत्रु नाहीसे होण्यापूर्वी अगदी एकमेकां-शेजारी राहतात आणि त्या क्षणैक साहचर्यातून पॉझिट्रॉनिअम या भुतासारख्या अणूस जन्म देतात. केंद्रक नसणारा असा हा अणु आहे, कारण इलेक्ट्रॉन व पॉझिट्रॉन त्याना एकसमान असणाऱ्या गुरुत्वमध्याभोवती फिरतात.

अशा या पॉझिट्रॉनिअममध्ये कुणाला स्वारस्य असणार? केवळ सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रज्ञानाच अथवा मनोरंजक विज्ञान-कादंबरीकारानाच असणार असेच म्हणावे लागेल.

तथापि, "पॉझिट्रॉनिअमचे रसायनशास्त्र" नावाचा एक चांगला जाडजुड ग्रंथ अमेरिकेत प्रसिद्ध झाला होता. ती काही विज्ञानावरील रंजक कादंबरी मुळीच नव्हती, तर विचारी शास्त्रज्ञानी लिहिलेला तो ग्रंथ होता. या अपूर्व अणूचा, संशोधक आपल्या कामासाठी कशा प्रकारे उपयोग करून घेतात याचे विवेचन त्यामध्ये करण्यात आले होते.

आपल्या क्षणकाल आयुष्यात, पॉझिट्रॉनिअम रासायनिक प्रक्रियात भाग घेऊ शकतो. ज्या रासायनिक संयुगांमध्ये मोकळे असे संयुजाबंध राहिले आहेत

त्यांच्या बरोबर पॉझिट्रॉनिअम खासकरून सुलभपणे प्रक्रिया पावतो. या न वापरल्या गेलेल्या संयुजा पॉझिट्रॉनिअमचा अणु हस्तगत करतो.

एखाद्या पदार्थाच्या रेणूमध्ये जो पॉझिट्रॉनिअम संयोगित झाला आहे त्याच्या ऱ्हासाचे स्वरूप काय हे खास उपकरणांच्या साहाय्याने रसायनशास्त्रज्ञ जाणू शकतात. या ऱ्हासाचे स्वरूप वेगळ्याच प्रकारचे असून रेणूच्या संरचनेवर तो अवलंबून असतो. यामुळे रेणूंची गुंतागुंतीची रचना समजावून घेण्यास आणि मतभेदांचे व जटिल असे जे प्रश्न इतर मार्गे सुटले नाहीत, ते सोडविण्यास मदत झाली आहे.

पुन्हा एकदा हिरा!

आपल्या रासायनिक वस्तुसंग्रहालयातील हिरा म्हणजे काही फार महत्त्वाची वस्तु नाही. अद्वितीयतेचा मान मिळण्याच्या दृष्टीने तो फारच सामान्य ठरतो. त्याचा विशिष्ट स्वरूपाचा कार्बनयुक्त सांगाडा आज आश्चर्य निर्माण करत नाही. सतराव्या शतकातील रसायज्ञानी साधे बृहददर्शक भिंग वापरून सूर्यकिरणांच्या साहाय्याने हिऱ्याच्या स्फटिकाना 'आग लावली' आहे.

रसायज्ञांच्या मनात दीर्घ काळापासून एक वेगळीच कल्पना ठाण मांडून बसली होती; ती म्हणजे ग्राफाईटचे हिऱ्यात कसे काय रूपांतर करावे. दोन्ही प्रकार तर कार्बनीच आहेत आणि हिऱ्याप्रमाणे ग्राफाईटच्या अणूंची केवळ पुन-र्रचना करावयाची, बस्स. एका अति मृदु पदार्थापासून अत्यंत कठीण पदार्थ त्यामुळे निर्माण करता येणार होता आणि तो सुद्धा कोणतीही भर न घालता किंवा कोणतीही घट न होऊ देता.

अखेर तसा मार्ग सापडलाही. त्या मागील कथा खूपच मनोरंजक आहे पण ती आम्ही योग्य वेळी सांगू. सध्या एवढेच सांगतो की कृत्रिमरित्या हिरा तयार करण्यास जर कशाची जरूरी असेल तर ती प्रचंड दाबाची.

तर मग या कथेचा दाब हाच नायक ठरतो. हा दाब केवळ पाचदहा

वातावरणीय दाबाएवढा तर मुळीच नाही; तर उच्च कोटीचा दाब. पृष्ठभागाच्या दर चौरस सें. मी. वर काही लाख कि. ग्रॅ. वजनाचा दाब. अशा उच्च कोटीच्या दाबामुळे आजतागायत माहीत नसलेले अनेक पदार्थ तयार करणे शक्य झाले आहे.

किमयागाराना फॉस्फरसचे शुभ्रवर्णी आणि ताम्रवर्णी असे दोन प्रकार माहीत होते. आज तिसरा प्रकार म्हणजे कृष्णवर्णी फॉस्फरस उपलब्ध आहे. अत्यंत जड, अत्यंत घनस्वरूपी असा हा प्रकार धातूंएवढाच उत्कृष्ट विद्युतवाहक



आहे. वास्तविक फॉस्फरस हा एक खास अ-धातु प्रकार खरा पण उच्च कोटी-च्या दाबाखाली त्याचे जवळजवळ धातूतच रूपांतर झाले आणि तेही स्थिर-स्वरूपी.

फॉस्फरसच्या पाठोपाठ अर्सेनिकचे उदाहरण पहावयास मिळते, व त्यानं-तरची उदाहरणे काही अ-धातूंची आहेत. प्रत्येक वेळी शास्त्रज्ञाना धक्का देणारे नवे गुणधर्म पहावयास मिळाले. या उच्च कोटीच्या दाबाने आपल्या प्रबळ हातानी शास्त्रज्ञांच्या डोळयांदेखत गुणधर्मात बदल घडविले.

भौतिकशास्त्राच्या चष्म्यातून या प्रकारांकडे पाहिले तर असामान्य असे काहीच घडले नाही असे दिसून येईल. उच्च कोटीच्या दाबाखाली मूलद्रव्ये व त्यांच्या संयुगाच्या अणूच्या पूर्वीच्या संरचनाची पुनर्रचना होते, त्याना अधिक धातुसदृश बनविले जाते.

यातून 'दाब ध्वात्विकरण' ही अगदी भौतिक स्वरूपाची संज्ञा प्रचारात आली.

अवकाशवीर चंद्रावर केव्हाच जाऊन आले आहेत. यानंतर शुक्र व मंगळ यांचा क्रम लागतो. पुढे अधिक दूरवरच्या ग्रहांचा, त्याही पलिकडे असणाऱ्या गूढस्वरूपी, अज्ञात जगांचा मागोवा घेतला जाईल. मानवास पुनःपुन्हा अपूर्व, अनपेक्षित, गूढ स्वरूपांचा अनुभव येत राहील.

—आणि या संदर्भात आपणास एका विशिष्ट प्रश्नाचा मागोवा घ्यावयाचा आहे.

या विश्वात, सर्व ठिकाणी रासायनिक मूलद्रव्ये एकासारखीच असतील का? सर्वच्या सर्व अवकाशस्थ वस्तुमात्रांच्या बाबतीत मेंदेलेयेवच्या आवर्ती नियमाची परिणामकारकता, त्याचे आंतरिक सामर्थ्य निरपवादपणे प्रभावी ठरेल काय? का त्या कल्पक रशियन शास्त्रज्ञाची ही अप्रतिम निर्मिती केवळ पृथ्वी-पुरतीच मर्यादित आहे?

माफ करा, प्रश्नचिन्हांच्याद्वारे आपणास त्रास देण्याची आमची मुळीच इच्छा नाही. पण आपणालाही पटेल की उत्तरे देण्यापेक्षा प्रश्नांचा भडिमार करणे फारच सोपे असते.

या प्रश्नाबाबत तत्त्ववेत्त्यांचे अगदी ठाम मत आहे. आवर्ती नियम आणि आवर्ती सारणी ही इथून-तिथून, साऱ्या विश्वामध्ये एकाच स्वरूपाची आहे, म्हणजेच वैश्विक आहे. सारी मूलद्रव्ये आहेत तशीच असणार, हे ते म्हणतात खरे पण 'जर-तर' च्या भाषेत सांगतात. जर इतरत्र ठिकाणच्यो परिसराचे गुणधर्म – तपमान, दाब, इ. – पृथ्वीशी मिळतेजुळते अथवा प्रचंड तफावत नसणारे असतील तरच – नेमकी हीच तर खरी मेख आहे.

काखेत कळसा नि गावाला वळसा!

"प्रथम स्वतःच्या पायाखाली काय जळत आहे ते पहा..." अशी एक म्हण आहे.

आपल्या या ग्रहाबद्दल आपणाला खडान खडा माहिती आहे का? दुर्दैवाने फारच थोडी माहिती आहे. या ग्रहाच्या अंतर्रचनेचे स्वरूप कसे आहे अणि खोलवरच्या भागात कोणते पदार्थ कोणत्या स्थितीत आहेत याची नखभरसुद्धा आपणास माहिती नाही. ही अतिशयोक्ती नव्हे. जे काही ठाऊक आहे ते म्हणजे याबाबतचे असंख्य तात्त्विक सिद्धांत, विचारप्रणाली, गृहितके, बस्स. खेदाची वस्तुस्थिती ही की प्राधान्य त्यापैकी कोणत्या गोष्टीस व का द्यावयाचे हे तर मुळीच ठरविता येत नाही. हे खरे की तेलाच्या विहिरी अगदी सात कि. मी. खोलीपर्यंत पोहोचल्या आहेत. भविष्यकाळात गिरमिटाच्या साहाय्याने किती खोल छिद्र पाडता येईल तर पंधरा ते वीस कि. मी. पर्यंत. पृथ्वीच्या ६,३०० कि. मी. त्रिज्येच्या तुलनेने ते किती 'खोल' आहे ते तुम्हीच ठरवा. टाचणीने जमीन उकरण्याचाच तो प्रकार आहे.

एक म्हण अशा अर्थाची आहे की बदामाची लज्जत चाखण्यापूर्वी त्याचे कवच फोडावे लागते.

आपल्या ग्रहाचे एकंदर स्वरूप कवचधारी फळासारखेच आहे. बाहेरच्या बाजूस असणारे कवच ऊर्फ खडकमातीचा स्तर आणि आतमध्ये बदामबी ऊर्फ

गाभा. वरचा स्तर आणि आतला गाभा यामध्ये अतिशय जाड असा भाग ऊर्फ प्रावरण.

पृथ्वीच्या कवचाची म्हणजेच भूस्तराची त्यातल्यात्यात थोडीफार माहिती झाली आहे. खरे तर पूर्ण स्तराचीही म्हणता येत नाही. एखाद्या फळाच्या पातळ साली एवढ्या जाडीची माहिती आहे. अशा परिस्थितीत प्रावरणाची व त्याही खालच्या गाभ्याची जडणघडण कशी असेल याचे तर सुतराम ज्ञान नाही.

एक वस्तुस्थिती मात्र आपण आत्मविश्वासपूर्वक सांगू शकतो, ती म्हणजे पृथ्वीच्या अंतर्भागातील स्तरमय भागातील पदार्थ किंवा घटक मोठे अपूर्व असले पाहिजेत. पृथ्वीच्या मध्यबिंदूपाशी जो जो नजिक जावे तो तो वरच्या स्तरांमुळे दाब वाढत जातो. गाभ्यानजिकचा दाब तर खगोलशास्त्रातील संख्यांएवढा प्रचंड, सुमारे तीस लाख वातावरणीय दाबाएवढा होतो.

ओघानेच आले म्हणून पृथ्वीच्या गाभ्याविषयी थोडी माहिती करून घेऊ या. त्याच्या संरचनेबाबत अनेक मतभेद शंभर वर्षांपासून चालत आले असून अनेक शास्त्रज्ञानी आपापल्या परीने अनेक सिद्धांत मांडले आहेत.

काहींच्या मते या ग्रहाचा गाभा लोह-निकेलयुक्त आहे. काहींचा वेगळाच विचार आहे. ते समजतात की ऑलिव्हाईन या खनिजपदार्थापासून गाभा तयार झालेला आहे. सर्वसाधारण परिस्थितीत ऑलिव्हाईन हे मॅग्नेशिअम, लोह आणि मँगॅनीज यांच्या सिलिकेटवर्गीय संयुगांचे मिश्रण असते. गाभ्यातील प्रचंड दाबामुळे ऑलिव्हाईनचे रूपांतर धातुसदृश पदार्थात झाले असले पाहिजे. काही शास्त्रज्ञांचा तर अगदी वेगळाच दावा आहे. त्यांच्या मतानुसार गाभ्याचा मध्यवर्ती भाग हायड्रोजनचा असून पराकोटीच्या दाबाखाली त्यास पूर्णतया घनरूप प्राप्त झाले आहे, एवढे की त्यास अगदी धातुस्वरूप गुणधर्म प्राप्त झाले आहेत, तो उत्कृष्ठ विद्युत वाहक बनला आहे. आणखी काही शास्त्रज्ञांच्या सिद्धांतानुसार...

पण आपण येथेच थांबलेले ठीक होईल. बदामाची चव चाखण्यासाठी कवच फोडले पाहिजे हे तर खरेच पण त्यासाठी कितीतरी मोठ्या कालखंडाची आवश्यकता आहे.

अणूंच्या केंद्रकांच्या घटनेची आपणाला जेवढी आहे त्यापेक्षा कितीतरी कमी माहिती या गाभ्याच्या संरचनेबाबत आहे. हा केवढा विरोधाभास वाटतो, नाही का?

खरेच, जे अज्ञात आहे ते अगदी आपल्या पायाखालीच आहे यात शंका नाही. रसायनशास्त्रज्ञांच्या दृष्टीने ती अल्लाउद्दीनच गुहाच ठरते. त्यात काय काय दडले आहे कोण जाणे. अगदी विभिन्न व स्फटिकरूपी मूलद्रव्ये, धातूंमध्ये रूपांतरित झालेले अ-धातु, कल्पनेबाहेरील संयुगांचे अगणित प्रकार शिवाय आणखी कितीतरी... खोल जागेतील स्तिमित करणारे रसायनशास्त्र!

सोविएत शास्त्रज्ञ अ. कापुस्तिनस्की यांच्या शब्दात सांगावयाचे झाल्यास आजचे रसायनशास्त्र अद्यापीही बाल्यावस्थेपतच आहे...

अशा अति खोलवर ठिकाणी मूलद्रव्यांची आवर्ती पद्धती जशीच्या तशी ग्राह्य, वैध असेल का? असेल, जोपर्यंत अणूंची इलेक्ट्रॉन-रचना अपरिवर्तनीय असेल तोपर्यंत.

निदान आजपर्यंत तरी "जशी आहे, जेथे आहे" ही अवस्था टिकून आहे.

जे आहे ते, ते मात्र मुळीच नव्हे!

उच्च दाबाबात खरे तर आपण अद्यापी फारसा विचार मुळीच केलेला नाही. त्याच्या फलस्वरूप पहावयास मिळणारी कितीतरी आश्चर्ये पुढेच आहेत.

अणुकेंद्रकाचा इलेक्ट्रॉनयुक्त जो परिसर असतो तो चांगला दृढस्वरूपी संरचनेचा असतो. काही इलेक्ट्रॉन गमाविले जातात आणि अणु मग आयन बनतो. रासायनिक आंतरप्रक्रिया चालू असतानाच्या काळात हे चालूच राहते.

अणूद्वारे अनेक इलेक्ट्रॉन गमावणे शक्य असते आणि अखेरीस एकूणएक इलेक्ट्रॉन गमाविणेही शक्य असते. मग केवळ अणु 'उघडा' पडतो. लाखो अंशाच्या तपमानात हे घडू शकते, त्याचे एक प्रमुख उदाहरण म्हणजे तारे.

पण याबाबतीत एक वेगळेच कोडे आढळते. कल्पना करा की इलेक्ट्रॉनच्या

एकूण संख्येत बदल झालेला नाही पण इलेक्ट्रॉन-कक्षांमध्ये त्यांची वेगवेगळ्या प्रकारे पुनर्रचना झाली आहे. अशा परिस्थितीत अणूचे गुणधर्म निश्चितच बदलणार आणि त्यामुळे मूलद्रव्याचेही.

हे झाले जणू चित्रखालचे स्पष्टीकरण. आता प्रत्यक्ष चित्र कसे आहे ते पाहू या.

पोटॅशिअम अणु डोळ्यासमोर आणण्यात तुम्हाला फारसे कष्ट पडणार नाही. त्यास चार कक्षा आहेत. केंद्रकाच्या अगदी नजिकच्या म्हणजे K व L या कक्षा पूर्ण भरलेल्या आहेत, पहिल्या कक्षेत दोन आणि दुसऱ्यात आठ इलेक्ट्रॉन आहेत. सर्वसाधारण परिस्थितीत या कक्षांमध्ये एकाही जादा इलेक्ट्रॉनचा शिरकाव होणार नाही. पण इतर दोन कक्षा पूर्णपणे भरल्या जाण्याचे बाकी आहे. M या कक्षेत फक्त आठ इलेक्ट्रॉन आहेत (खरे तर या कक्षेत अठरा इलेक्ट्रॉन असावयास हवेत) आणि N कक्षेत इलेक्ट्रॉनचा शिरकाव होण्यास नुकतीच कोठे सुरुवात झाली आहे; तीत एक इलेक्ट्रॉन आहे. शिवाय पूर्वीची कक्षा पूर्णपणे अद्यापी भरली गेलेली नाही.

इलेक्ट्रॉन-कक्षा टप्प्याटप्प्याने उभारल्या जाण्याबाबत विसंगती दर्शविणारा पोटॅशिअम हा पहिला अणु आहे.

तथापि, चौथ्या कक्षेत प्रवेश करण्याऐवजी पोटॅशिअमचा अणु तिसऱ्या कक्षेत असल्याची (कारण या कक्षेत अजूनही दहा इलेक्ट्रॉनसाठी जागा बाकी आहेत) कल्पना करणे कठीण नाही.

अगदीच विचित्र कल्पना? आहे खरी पण सर्वसाधारण परिस्थितीतच. उच्च कोटीतील दाबामुळे अशी असामान्य परिस्थिती निर्माण होऊ शकते. अशा अतिउच्च दाबामुळे केंद्रकाभोवती असणाऱ्या इलेक्ट्रॉन-कक्षा अतिशय संकोच पावतात आणि बाहेरच्या बाजूकडील इलेक्ट्रॉन त्या खालच्या अपूर्णावस्थेतील कक्षात 'पडणे' अगदी शक्य असते.

उदाहरणार्थ, पोटॅशिअम अणूच्या चौथ्या कक्षेतील बाहेरचा इलेक्ट्रॉन तिसऱ्या कक्षेत गेला आणि त्याच्या M कक्षेत इलेक्ट्रॉनची संख्या नऊ झाली.

याचा अर्थ काय होईल? पोटॅशिअमचा अणुअंक (१९) पूर्वीप्रमाणे तोच राहील आणि इलेक्ट्रॉनची संख्याही तीच असेल. एका शब्दात सांगावयाचे झाल्यास मूलद्रव्यांचे द्रव्यांतरण घडलेले नसणार. तरीही पोटॅशिअम हा अल्कधातु आपला तोच "जुना मित्र" असणार नाही. चार कक्षाऐवजी तीन कक्षा असणारा आणि बाह्य कक्षेत एका इलेक्ट्रॉनऐवजी नऊ इलेक्ट्रॉन असणारा नवखा "पाहुणा" ठरेल. मग या 'नवपोटॅशिअम'च्या रासायनिक गुणधर्मांचा नव्याने अभ्यास करावा लागेल.

हे गुणधर्म कोणते असतील याचा फक्त अंदाजच करणे आपल्या हाती असेल, कारण "लांडगा बनलेल्या या मनुष्याचे" नखही दृष्टीस आजपावेतो पडलेले नाही, गुणधर्म अजमाविण्यास कणभरही ते उपलब्ध झालेले नाही.

यापेक्षाही वरच्या दाबाखाली पोटॅशिअम मागोमाग येणाऱ्या मूलद्रव्यांचा नेहमीचा परिचित तोंडवळा पार बदललेला असेल. टप्प्याटप्प्याने इलेक्ट्रॉन-कक्षा भरल्या जाणे हा जो मेंदेलेयेवच्या सारणीतील नियम आहे तो पाळलेला दिसणार नाही. जोपर्यंत एक कक्षा अपूर्णावस्थेत आहे तोपर्यंत त्या मागची कक्षा रिकामी राहणार.

तशीही एक आवर्ती पद्धती असू शकेल पण ती मेंदेलेयेवप्रणीत नसणार. या वेगळ्या विशाल घरातील रहिवासी (पहिल्या तीन आवर्तीतील सोडून) वेगवेगळेच असणार. त्यातील 'अल्क-धातु' म्हणजे कॉपर ऊर्फ तांबे आणि प्रोमेथिअम असतील तर "पांढरपेशे" किंवा "अक्रियाशीलवायू" म्हणजे निकेल व निओडिनिअम असणार, कारण संबंधित बाह्य कक्षा पूर्णपणे भरलेल्या असणार.

हे असे "खोलवरचे" म्हणजेच पृथ्वीच्या गाभ्यानजिकचे रसायनशास्त्र असेल. अवास्तव संयुजा, विस्मयजनक गुणधर्म, चकित करणारी संयुगे... आणखी कोणकोणते प्रकार आढळतील कोण जाणे.

खुपच आकर्षक कल्पना? आहेच तशी. खरोखरीच तसे असेल? कुणी सांगावे... या ठिकाणी जर कशाची जरूरी असेल तर वेडपट, छंदिष्ट कल्पना करणाऱ्या व्यक्तीची. सर्वस्वी नव्या प्रकारच्या वस्तुमात्राची निर्मिती या साऱ्या

विचारात सामावलेली आहे. समजा, तसा काही प्रकार उच्च कोटीच्या दाबा-खाली जरी अस्तित्वात असला तरी नेहमीच्या सर्वसाधारण परिस्थितीत या मूलद्रव्याना पूर्ववत् स्थिती प्राप्त होणे जरूरी आहे.

हे संक्रमण कसे टिकविता येईल किंवा 'गोठविता' येईल हा यक्षप्रश्न उभा राहतो. या प्रश्नाची जर समाधानकारक उकल झाली तर मग एका नव्या रसायनशास्त्राचा उदय होईल: "रसायनशास्त्र क्रमांक २".

रसायनशास्त्राची विचक्षक दृष्टी



विश्लेषणाबाबत चार शब्द

विख्यात रशियन पंडित मिखाइलो लमानोसोव एकदा म्हणाले होते : "रसायनशास्त्र आपले हात दूरवर पसरत आहे..." सुमारे दोनशे वर्षांपूर्वीच भावी पिढ्यांच्या दृष्टीने या शास्त्राचे केवढे महत्त्व आहे हे त्या कल्पक शास्त्रज्ञाने जाणले होते. याची सत्यता विसाव्या शतकात तर फारच प्रकर्षाने जाणवली. रसायनशास्त्र म्हणजे जणू अनेक हातांचा एक प्राणी म्हटल्यास वावगे ठरणार नाही. त्याच्या किती शाखा आहेत हे कुणाही श्रेष्ठ रसायनशास्त्रज्ञास एकाचवेळी सांगता येणे अशक्यच आहे. शिवाय, दरवर्षी नव्या शाखा उदयास येतच आहेत.

तथापि, रसायनशास्त्राचा एक भाग असा आहे की जर तो वापरला गेला नाही तर हे सारे हात लुळे पडतील. तो म्हणजे रासायनिक विश्लेषण अथवा पृथःक्करण. त्याच्या साहाय्यानेच तर या पृथ्वीवरील वेगवेगळी मूलद्रव्ये शोधण्याचे काम यशस्वी ठरले आहे. विश्लेषणामार्गेच रासायनिक संयुगांचे, मग ते साधे असोत किंवा जटिल रचनेचे असोत, निरनिराळे घटक ठरविता आले आहेत. नेहमीच्या वापरातील मिठाचे आणि अत्यंत गुंतागुंतीच्या प्रथिनांचे घटक त्यामुळेच जाणता आले. विश्लेषणाच्या साहाय्याने भूस्तरशास्त्रज्ञ खडकांची आणि खनिजांची जडणघडण ठरवू शकले व त्यायोगे पृथ्वीत हे साठे किती प्रमाणात आहेत ते अधिक काटेकोरपणे सांगू शकले.

रसायनशास्त्रास एक शास्त्रशुद्ध असे जे स्वरूप प्राप्त झाले आहे त्याचे फार मोठे श्रेय या विश्लेषणात्मक कार्यास जाते. मानवी व्यवहारामध्ये विश्लेषण तर प्रथम क्रमांकाचा मदतनीस ठरते. अनेक कथित वा अकथित उदाहरणांवरून हे सहजच लक्षात येईल.

कल्पना करा की झोतभट्टीत लोहखनिजापासून लोखंड तयार करण्यात (विगालन करण्यात) आले आहे. त्याचे गुणधर्म मुख्यत: त्यात आलेल्या कार्बन-वर आधारित असतात. कार्बनचे प्रमाण १.७ टक्क्यांपेक्षा जास्त असेल तर ते ओतीव लोखंड ठरते, १.७ ते ०.२ टक्के या मर्यादेतील कार्बनच्या प्रमाणामुळे पोलादाच्या विविध प्रती मिळतात आणि हे प्रमाण ०.२ टक्क्यांपेक्षाही कमी असेल तर घडीव लोखंड हा प्रकार मिळतो.

लोखंड आणि पोलाद किंवा पितळ आणि कासे (ब्रॉंझ) यातील नेमका फरक कोणता? ब्ल्यू व्हिट्रिऑल ऊर्फ मोरचूदमध्ये तांब्याचे प्रमाण किती आहे? कार्नालाईट नामक खनिजात भरपूर प्रमाणात पोटॅशिअम असते का? या व अशासारख्या प्रश्नांची उत्तरे केवळ रासायनिक विश्लेषणच देऊ शकते. या विश्लेषणात दोन प्रश्न अंतर्भूत असतात: विश्लेषणार्थ आलेल्या पदार्थात कोण-कोणती मूलद्रव्ये आहेत आणि त्यांचे प्रमाण काय आहे. पहिला प्रश्न म्हणजे गुणात्मक विश्लेषण ठरते आणि दुसरा प्रश्न भारात्मक अथवा मापात्मक विश्लेष-णाचा भाग ठरतो.

विश्लेषणाचे एकूण किती प्रकार आहेत ते अगदी अनुभवी तज्ज्ञासही सांगणे अशक्य आहे.

दर्जेदार बंदुकीची दारू

बंदुकीच्या दारूचा शोध कुणी लावला? आख्यायिका असे सांगते की बर्थाल्ड श्वार्झ नामक एका मठाधिपतीने लावला.

बंदुकीची दारू तयार करणे फारच सोपे आहे. गंधक (सल्फर), सोरा

(सॉल्ट पीटर-पोटॅशिअम नायट्रट) आणि लोणारी कोळसा यांचे चूर्ण ठराविक प्रमाणात मिसळा म्हणजे झाले. पण हे तीनही घटक मात्र उच्च दर्जाचे हवेत.

त्यांचा दर्जा कसा काय अजमावयाचा?

सोरा योग्य प्रतीचा आहे की नाही हे त्याची चव घेऊन ठरविण्याचा एक प्रकार जुन्या पुस्तकांमध्ये आढळतो. तो असा: "खारट आणि कडवट चवीचा सोरा उपयोगी नाही. जीभ चरचरल्यास आणि किंचित गोडसर वाटल्यास तो सोरा उत्तम दर्जाचा समजावा."

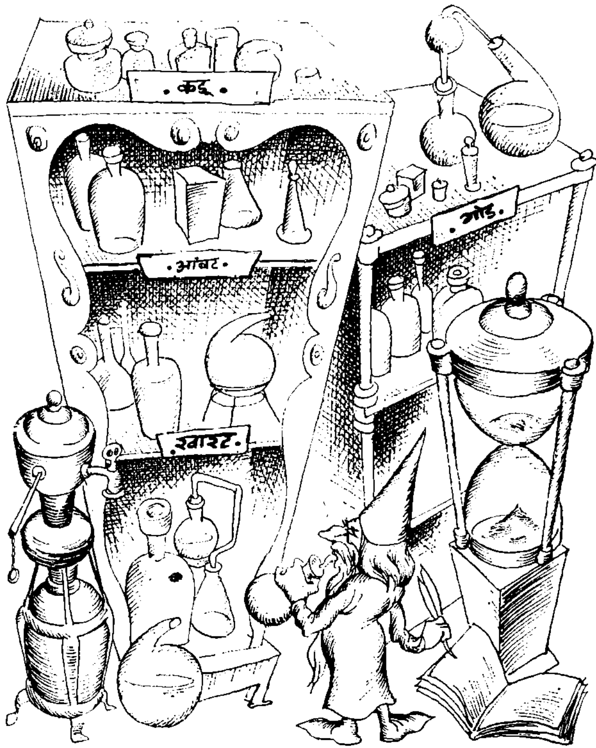
उत्तम दर्जाची बंदुकीची दारू करणाऱ्याने चिमुटभर सोरा नक्कीच तोंडात टाकला असणार असेच समजावयाचे काय?

गंधकाचा दर्जा ठरविण्याची पद्धत तर मोठी तऱ्हेवाईकच वाटते.

गंधकाचा तुकडा मुठीत पकडून कानाजवळ धरावयाचा. जर कुरकुरणारा आवाज ऐकू आला तर तो उत्तम प्रतीचा गंधक आहे असे समजण्यास हरकत नाही, अन्यथा तो अशुद्ध समजून त्याचा वापर टाळावा.

शुद्ध गंधक का बरे तडतडतो? त्याची उष्णता वाहकता फारच निकृष्ट असते. मुठीत धरल्यामुळे त्याच्या वेगवेगळ्या भागात वेगवेगळे तपमान निर्माण होते, परिणामी ठिकठिकाणी ताण निर्माण होतो. गंधक मुळात ठिसूळ असल्यामुळे या ताणामुळे लहान लहान तुकडे पडतात व त्यातून कुरकुरणारा आवाज निर्माण होतो. अशुद्ध गंधकाची उष्णता वाहकता चांगली वरच्या दर्जाची असल्यामुळे तो अधिक ताकदवान ठरतो. त्याचे सहजगत्या तुकडे पडत नाहीत आणि आवाजही ऐकू येत नाही. कानामार्फत विश्लेषण करण्यामागे ही अशी शास्त्रीय पार्श्वभूमी आहे.

थोडक्यात सांगावयाचे झाल्यास पूर्वीच्या रसायज्ञांची, ज्ञानेंद्रिये हीच रासायनिक विश्लेषणाची प्रमुख साधने होती. साध्या अथवा जटिल संयुगांना जी नावे दिली गेली त्यातही अशा जाणिवांची प्रतिबिंबे पहावयास मिळतात. उदाहरणार्थ, बेरिलिअमला पूर्वी ग्लुसिनम म्हटले जात असे कारण त्याचे क्षार गोडसर



चवीचे असतात. ग्लिसरीन हे नाव 'गोड' अशा अर्थी असणाऱ्या लॅटिन शब्दावरून तयार झाले आहे. नैसर्गिकरित्या सापडणाऱ्या सोडियम सल्फेटचे (ग्लॉबर सॉल्टचे) नाव मिरॅबिलाईट ठेवले गेले, कारण त्याची चव कडू आहे व त्या अर्थीच त्याला हे नाव मिळाले.

जर्मेनअमच्या शोधाची कहाणी

मार्च १८८६ च्या सुरुवातीस मेंदेलेयेव याना एक पत्र आले :

"प्रिय महाशय,

माझ्या एका निबंधाची एक प्रत सोबत आपणास सादर करीत असून त्यावरून आपल्या ध्यानात येईलच की मी जर्मेनिअम नामक एका नवीन मूल-द्रव्याचा शोध लावला आहे. सुरुवातीस माझा असा समज झाला की आपल्या अभूतपूर्व आणि मोठ्या अद्वितीय अशा आवर्ती पद्धतीतील अँटिमनी व बिस्मथ यामध्ये जी मोकळी जागा आहे ती या नव्या मूलद्रव्याने भरली जाईल, आणि आपण म्हटलेल्या एका-अँटिमनीचेच ते स्वरूप ठरेल. पण नजरेस आलेली वस्तु-स्थिती असे दर्शविते की सिलिकॉनशी त्याचा अधिक संबंध असावा.

या मोठ्या आगळ्या स्वरूपाच्या पदार्थासंबंधी आपणाला लवकरच अधिक काटेकोर माहिती सादर करू शकेन असा विश्वास वाटतो. आज तरी, आपल्या बुद्धीचातुर्याच्या परिपाकातून जो एक नवा विजय दृष्टोत्पत्तीस येणार आहे तो सूचीत करण्यातच मी धन्यता समजतो आणि आपल्याबद्दल वाटणारा अतीव आदर व्यक्त करण्याची संधी घेतो.

फायबर्ग, सॅक्सनी,
२६ फेब्रुवारी १८८६

आपला नम्र,
क्लेमेन्स विंक्लर.

जर्मेनिअमच्या शोधापूर्वी, जवळजवळ शंभर वर्षांपूर्वी हेन्री कॅव्हेंडिश्ने जे म्हटले ते काही व्यर्थ गेले नाही, असेच म्हणावेसे वाटते. तो म्हणतो, "प्रत्येक बाबतीत, सारे काही वजन, मोजमाप आणि आकड्यात ठरविलेले आहे." याची सत्यता खरोखरीच पुन:पुन्हा प्रत्ययास येते. काहीसे दुर्मिळ आणि त्यावेळी सॅक्सनीमध्ये नुकतेच सापडलेले अर्जिशेडाईट या खनिजाचे विश्लेषण करताना क्लेमेन्स विंक्लरना त्यामध्ये प्रामुख्याने रूपे आणि गंधक आढळले व त्याबरोबरच अल्प प्रमाणात लोह, जस्त आणि पाराही असल्याचे दिसले.

तथापि, त्याना आश्चर्य जर कशाचे वाटले तर अर्जिरोडाईटमध्ये ही जी मूलद्रव्ये होती त्यांची एकूण टक्केवारी १०० न भरता ९३ टक्केच भरत होती, अनेकदा विश्लेषण करूनही ती शंभरी काही गाठत नव्हती. मग तो ७ टक्के प्रमाणातील जणू लपंडाव खेळणारा कशाचा भाग असावा? त्यावेळी ठाऊक असणाऱ्या बहुतेक सर्व मूलद्रव्यांबाबतच्या विश्लेषण-पद्धती डोळयात तेल घालून करण्यात आल्या पण व्यर्थ. अखेर विंक्लरने निष्कर्ष काढला की ज्या अर्थी विश्लेषणाच्या पक-डीतून हे सात टक्के सतत सुटत आहेत त्याअर्थी तेवढा भाग नक्कीच कोणत्या-तरी नव्या मूलद्रव्याचा असणार. त्याची ही समजूत पूर्णतया खरीच ठरली. विश्लेषण पद्धतीत थोडासा बदल करून हा सात टक्के भाग वेगळा करण्यात विंक्लर अखेर यशस्वी झाला आणि त्यावेळेपावेतो माहीत नसलेले ते एक नवे मूलद्रव्य ठरले. आपल्या मातृभूमीच्या मन्मानार्थ विंक्लरने 'जर्मेनिअम' असे त्याचे नामकरण केले.

विंक्लरने भारात्मक (वजनी) विश्लेषणाची जी पद्धत वापरली त्याच पद्धतीने आणखी एका मूलद्रव्याचा, अर्‍गॉनचा शोध लागण्यास मोलाची मदत झाली. मेंदेलेयेवच्या आवर्त पद्धतीतील शून्य क्रमांकाच्या गटाचा हा एक प्रति-निधी होय.

गतशतकाच्या नवव्या दशकाच्या सुरुवातीस इंग्रज भौतिकशास्त्रज्ञ रॅले याने वायूंची घनता आणि त्यांच्या साहाय्याने अणुभार ठरविण्याचे काम हाती घेतले. नायट्रोजनची पाळी येईपर्यंत सारे काही सुरळित चालले होते. या संशोधकाने नायट्रोजनवर काम करण्यास सुरुवात केली आणि मग एकएक चमत्कारिक अनु-भव येण्यास सुरुवात झाली. हवेपासून वेगळा करण्यात आलेल्या नायट्रोजनचे वजन, रासायनिक संयुगांमार्फत तयार केलेल्या नायट्रोजनपेक्षा ०.००१६ ग्रॅम अधिक भरले. जी संयुगे वापरली गेली त्यांचा अंतिम निष्कर्षावर कोणताच परिणाम घडलेला नव्हता. अमोनिअम नायट्रेट, नायट्रस किंवा नायट्रिक ऑक्सा-ईड, युरिआ, अमोनिया किंवा इतर संयुगांपासून मिळविण्यात आलेला नायट्रोजन तेवढयाच वजनाने (०.००१६ ग्रॅम वजनाने) हवाप्रणित नायट्रोजनपेक्षा हलका ठरे.

या विचित्र, चमत्कारिक फरकाची कारणमीमांसा करण्याच्या कामी रॅले यास कोणताच मार्ग सापडेनासा झाला आणि अखेरीस, त्याने प्रयोगाद्वारे मिळणाऱ्या विविध निष्कर्षांचा अहवालवजा निबंध लंडनच्या 'नेचर' या पत्रिकेत प्रसिद्ध केला. त्यास लगेच रॅम्से या रसायज्ञाने प्रतिसाद दिला आणि दोघानी मिळून हे कोडे सोडविण्यास सुरुवात केली. १८९४ च्या ऑगस्टमध्ये त्यानी एका नव्या मूलद्रव्याचा शोध जाहीर केला. हे मूलद्रव्यच रॅलेची डोकेदुखी होती या नव्या मूलद्रव्याचे हवेतील प्रमाण सुमारे एक टक्का असल्याचे निष्पन्न झाले.

अशा प्रकारे साध्यासरळ अशा भारात्मक (वजनी) विश्लेषणाच्या तंत्रामुळे शास्त्रज्ञाना नवी मूलद्रव्ये शोधण्यात मदत झाली. कोणत्याही प्रयोगशाळेचे कार्य या विश्लेषण-पद्धतीवाचून कधीच चालणार नाही. गुंतागुंतीच्या संयुगातील आणि खनिजातील वेगवेगळया मूलद्रव्यांची टक्केवारी निश्चित करण्यासाठी वजने करण्याचे हे साधेसुधेतंत्र शेवटपर्यंत उपयोगी पडते. तत्पूर्वी, त्यातील वेगवेगळी मूलद्रव्ये अलग करण्याचे मोठे कंटाळवाणे आणि कष्टप्रद काम करणे जरूरी असते.

प्रकाश आणि रंग

सोविएत संघराज्यातील प्रत्येक महत्त्वाच्या सुटीच्या दिवशी मॉस्को, इतर प्रजासत्ताकांच्या राजधानींमध्ये व त्याचप्रमाणे दुसऱ्या महायुद्धामध्ये पराक्रम गाजविलेल्या शहरांमध्ये सायंकाळी नऊ वाजता नेत्रदिपक दारूकाम केले जाते. या दारूकामाच्या वेळी आकाश तांबडया, पिवळया, हिरव्या रंगांच्या प्रकाशानी उजळून जाते आणि सर्वत्र तोफांच्या गडगडाटी आवाजानी वातावरण दुमदुमून जाते.

तोफाबंदुकांच्या फैरीनी आणि दारूकामाने सुटया साजऱ्या करण्याची प्रथा खूपच जुनी आहे. दारूकामाची ऊर्फ आतषबाजीची कला चीनमध्ये ख्रि. पू. दोन हजार वर्षांपासून चालत आलेली आहे. पण अशा रंगीत ज्वालांचा रासायनिक पृथःक्करणार्थ उपयोग करण्याच्या कल्पनेने शास्त्रज्ञांच्या मनात खूपच अलिकडे जन्म घेतला.

शंभरएक वर्षांपूर्वी, किर्चॉफ या जर्मन भौतिकशास्त्रज्ञास असे आढळले की निरनिराळ्या धातूंचे क्षार, वायु-ज्वालकाच्या रंगहीन ज्योतीस वेगवेगळे रंग प्राप्त करून देतात. सोडियमच्या क्षारामुळे ज्योतीस पिवळा रंग मिळतो, कॅल्शि-यम क्षारांमुळे तांबडा तर बेरिअम क्षारांमुळे हिरवा रंग मिळतो. किर्चॉफने लगेच जाणले की पदार्थांमधली निरनिराळी मूलद्रव्ये जाणण्याच्या दृष्टीने ही एक विश्वासनीय आणि चटकन उपयोगी पडणारी पद्धत आहे. तथापि, यामुळे त्याला झालेला आनंद अल्पजीवी ठरला. जोपर्यंत शुद्ध स्वरूपातील क्षार वापरले जात होते तोपर्यंत हा प्रकाश सुरळितपणे प्राप्त होत असे. मात्र निरनिराळ्या क्षारांच्या मिश्रणाचा – उदाहरणार्थ, सोडिअम व पोटॅशिअम क्षारांचे मिश्रण – प्रश्न आला तेव्हा हे गणित चुकू लागले. सोडियमच्या तेजस्वी, पिवळ्या रंगातील ज्योतीच्या पार्श्वभूमीवर पोटॅशिअमचा जांभळा रंग मुळीच जाणवेनासा झाला.

किर्चॉफच्या मदतीस बुन्सेन हा भौतिकशास्त्रज्ञ आला. त्याने असे सुच-विले की क्षार-मिश्रणे ज्या ज्योतीमध्ये टाकली जातात ती ज्योत वर्णपटदर्शक नावाच्या खास उपकरणातून तपासली जावी. या उपकरणातील मुख्य भाग म्हणजे चिती ऊर्फ प्रिझम* हा असून त्यामधून जाणाऱ्या पांढऱ्या प्रकाशाचे वियोजन होऊन वर्णपट ऊर्फ घटकरंग वेगवेगळे पहावयास मिळतात.

ही कल्पना अतिशय यशस्वी ठरली. इतर प्रकारच्या प्रकाशापेक्षा, ज्या वायु-ज्वालकाच्या ज्योतीमध्ये क्षार टाकले जातात, त्यामध्ये रेषांयुक्त वर्णपट मिळतो आणि या रेषा तंतोतंत ठराविक जागीच आढळतात. उदाहरणार्थ, ज्योतीमध्ये सोडियम क्षार टाकल्यास वर्णपटात, अगदी जवळ-जवळ असणाऱ्या आणि तीव्र अशा पिवळ्या रंगातील दोन रेषा आढळून येतात. पोटॅशिअमच्या क्षारामुळे तांबड्या रंगातील एक व जांभळ्या रंगातील दोन रेषा दिसून येतात.

किर्चॉफ आणि बुनसेन याना असेही दिसले की कोणत्याही एका विशिष्ट मूलद्रव्याच्या रेषा वर्णपटात नेहमीच एका ठराविक जागीच दिसतात. ज्योती-मध्ये सोडियम जरी क्लोराईड, सल्फेट, कार्बोनेट किंवा नायट्रेट संयुगांच्या स्वरूपात टाकले तरी सोडियमनिदर्शक रेषांचे स्थान नेहमीच ठराविक ठिकाणी

असते. एवढेच नव्हे तर सोडियम क्षारांमध्ये जरी पोटॅशिअम, तांबे, लोह, स्ट्राँशिअम किंवा बेरिअम यांचे क्षार मिसळले तरी सोडियम रेषांची जी जागा असते त्यात कधीच फारक पडत नाही.

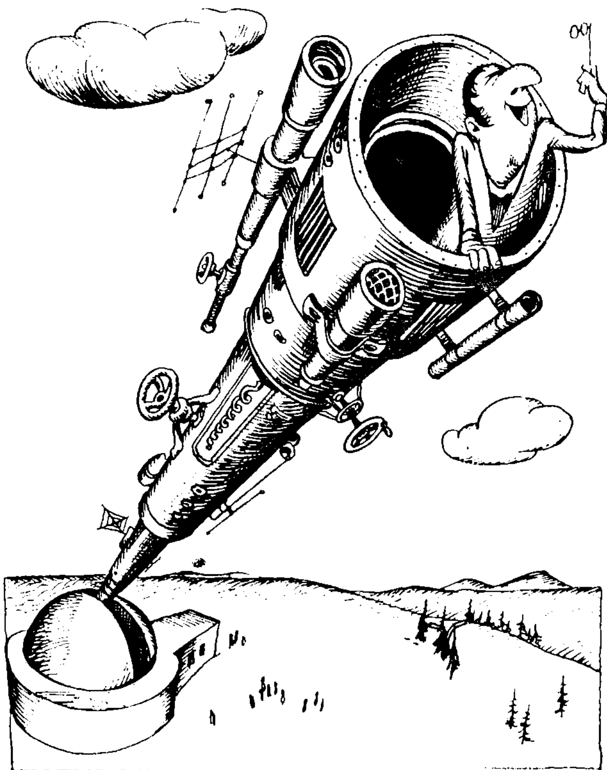
आपल्या शोधामुळे प्रभावित होऊन किर्चॉफ आणि बुनसेन यानी स्वतंत्रपणे संशोधन सुरू केले. 'ज्योतीमध्ये' त्यानी फार मोठ्या संख्येतील मूलद्रव्ये व संयुगे तपासली. काही कालावधीनंतर, रासायनिक मूलद्रव्ये आणि वर्णपटातील त्यांच्या निर्देशक रेषा यांची एक यादी तयार केली. आज शास्त्रज्ञ कितीतरी जटिल संयुगांचे किंवा मिश्रणांचे या पद्धतीमार्गे विश्लेषण मोठ्या अचूकपणे करू शकतात.

अशा प्रकारे वर्णपटीय अथवा वर्णपट-विश्लेषण अस्तित्वात आले. मिश्रणातील ज्ञात अशा रासायनिक मूलद्रव्यांचे गुणात्मक अस्तित्व ठरविण्यापुरतेच हे तंत्र अत्युत्तम ठरले असे नसून अगदी नवीन मूलद्रव्यांचा शोध लावण्यामध्येही ते साहाय्यभूत ठरले. वर्णपटदर्शकाच्या साहाय्याने रूबिडिअम, सेसिअम, इंडिअम आणि गॅलिअम या मूलद्रव्यांचा शोध लागला आहे. पुढे तर असे आढळले की वर्णपटातील रेषेची तीव्रता (तेजस्वीपणा) ही संबंधित मूलद्रव्याचे मिश्रणात किती प्रमाण आहे याची निदर्शक असते. यामुळे वर्णपटीय विश्लेषणास, भारात्मक (वजनी) विश्लेषणांच्या निरनिराळ्या पद्धतींमध्ये मोठे मानाचे स्थान मिळाले.

रासायनिक विश्लेषण... सूर्याचे!

१८६८ च्या सूर्यग्रहणाचा अभ्यास करणासाठी शास्त्रज्ञानी नेहमीप्रमाणे त्याही वेळी अनेक उपकरणांची जमवाजमव केली. यावेळी त्यामध्ये वर्णपटदर्शकाचा सामावेश झाला. या उपकरणाच्या साहाय्याने काही नवी मूलद्रव्ये शोधून फार काळ काही लोटला नव्हता.

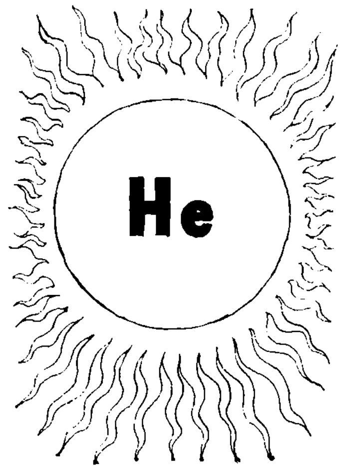
सूर्यग्रहण लागले व संपले. सारे काही पूर्वस्थितीस आले. मात्र २५ जुलै १८६८ रोजी फ्रेंच अॅकॅडमी ऑफ सायन्स या संस्थेस एकाच वेळी दोन पत्रे



मिळाली. त्यापैकी एक होते जानसेन या फ्रेंच व्यक्तीचे, दूरवरच्या भारत देशा-च्या किनारी प्रदेशातून लिहिलेले; दुसरे होते लॉकिअर या इंग्रजाचे इंग्लंडहून लिहिलेले. त्या दोन्ही पत्रातील मजकूर अगदी एकसारखा होता. प्रत्येक पत्र-लेखकाने कळविले होते की पृथ्वीवर अज्ञात असलेले एक नवे मूलद्रव्य, वर्ण-पटीय विश्लेषणाच्या साहाय्याने सूर्यात सापडले आहे. सोडियमच्या रेषेच्या

ंगाप्रमाणेच सूर्याच्या वर्णपटात एक पिवळी रेषा त्याना आढळली, पण त्या रेषेचा सोडियमशी सुतराम संबंध नव्हता.

या पत्रांवर विचार करण्यासाठी जमलेले सारे विद्वत्‌जन आश्चर्याने अगदी स्तिमित झाले. जानसेन आणि लॉकिअर हे केवळ सूर्याचे विश्लेषण करण्यातच यशस्वी झाले नाही तर त्यामध्ये एक नवे मूलद्रव्य शोधल्याचाही त्यांचा दावा होता!



त्यानंतर केवळ २७ वर्षांनीच पृथ्वीवर हेलियम (असे नाव त्या "सौर मूलद्रव्या"स देण्यात आले होते) या मूलद्रव्याचा शोध लावला गेला.

अशा प्रकारे दूरवरच्या आकाशस्थ ज्योतींचे गुपित उघडे करण्यास साह्यभूत ठरणाऱ्या या शोधाच्या सन्मानार्थ फ्रेंच अ‍ॅकॅडमीने एक खास पदक प्रसृत करण्याचा निर्णय घेतला. ही संशोधन-पद्धती खरोखरीच त्या लायकीची होती. इतर कोणत्याही मार्गे विश्लेषण करावयाचे झाल्यास संबंधित पदार्थाचा अत्यल्प का होईना पण नमुना मिळणे अगत्याचे असे. वर्णपटीय विश्लेषणात अशी काही जरूरी तर नव्हतीच पण प्रचंड अंतरांवरही त्याने मात केली!!

"सौर मूलद्रव्या"च्या शोधानंतर शास्त्रज्ञानी अनेकदा वर्णपटलेख (नोंद करणारे वर्णपटदर्शक) सूर्याच्या बाबतीत वापरले आणि त्यानी मोठ्या नम्रपणे सूर्याचे सारे रहस्य उघडे केले.

सूर्यामागोमाग जवळचे आणि दूरवरचे तारेही शास्त्रज्ञांच्या जाळ्यात सापडले. तारकीय वातावरणाची चमक पृथ्वीवरील वर्णपटदर्शकाच्या कक्षेत आली आणि आपल्या प्रयोग शाळेत शांतपणे बसून सर्व प्रकारच्या वर्णपटीय

रेषांचा सखोल अभ्यास शास्त्रज्ञानी सुरू केला. पृथ्वीवर यापूर्वी जी मूलद्रव्ये ठाऊक झालेली होती ती सारी या अकाशस्थ ज्योतींमध्ये आढळली.

सौर हेलियममुळे शास्त्रीय जगतात जी आश्चर्याची लाट निर्माण झाली तशी लाट पुन्हा एकदा त्यानंतर ८० वर्षांनी टेक्निशिअम या मूलद्रव्यामुळे निर्माण झाली. मेंदेलेयेवच्या सारणीतील ४३ क्रमांकाच्या खोलीत त्याचे वास्तव्य असते. पृथ्वीवरील मूलद्रव्यांमध्ये जणू भूत बनून राहिलेले टेक्निशिअम, काही ताऱ्यांच्या वर्णपटात प्रथमत: आढळले आणि नंतरच ते अगदी नगण्य स्वरूपात पृथ्वीवर सापडले. मात्र ताऱ्यांमध्ये आढळणाऱ्या मूलद्रव्यांमध्ये टेक्निशिअम हे काही दुर्मिळ मूलद्रव्य नव्हे; तेथे सतत चालू असणाऱ्या अणुविभाजनाच्या प्रक्रियांच्या परिणामी ते अखंडपणे निर्माण होत असते.

आणखी कोणतीच नवी मूलद्रव्ये सूर्यावर आढळली नाहीत किंवा ताऱ्यांमध्येही सापडली नाहीत. तशी कधीकाळी सापडतील याची शक्यताही दिसत नाही. हे विश्व सर्वत्र सारखेच आहे. पृथ्वी, सूर्य, ग्रह, तारे इत्यादी साऱ्या आकाशस्त वस्तूंमध्ये सामान्यत: तीच रासायनिक मूलद्रव्ये आहेत.

तथापि, एक मोठी कुतूहलाची वस्तुस्थिती ही की आकाशस्थ मूलद्रव्यांचा 'साठा' हा पृथ्वीवरील मूलद्रव्यांच्या तुलनेने फारच भिन्न आढळतो. बाह्य अवकाशात ऑक्सिजन व सिलिकॉनचे वर्चस्व नाही तर हायड्रोजन आणि हेलिअमचे आहे. आवर्ती पद्धतीमधल्या या पहिल्या दोन प्रतिनिधींचे विश्वातील प्रमाण, साऱ्या मूलद्रव्यांच्या एकत्रित प्रमाणापेक्षा अनेक पटींनी जास्त आहे. तारकीय रसायनशास्त्र आपणापुढे केवढे विरोधाभासी चित्र उभे करते! आपली आकाशगंगा ही प्रामुख्याने हायड्रोजनमय आहे.

तरंग आणि पदार्थ

निसर्गातील रंगच्छटांची संख्या अमर्याद आहे. इतराना जेवढे रंग माहीत असतात तेवढे रसायज्ञानाही ठाऊक असतात. रंगांचे हे 'सप्तस्वर' रसायज्ञाना पुष्कळवेळा घोटाळ्यात टाकतात.

"निओडिमिअम नायट्रेटच्या द्रावणाचा कोणता रंग असतो?"

"गुलाबी," रसायज्ञ उत्तर देतो.

"आणि विसंयुजी लोहामध्ये जर पोटॅशिअम थायोसायनेट टाकले तर त्या द्रावणास कोणता रंग मिळेल?"

"तांबडा."

"अल्क पदार्थाचा द्राव जर फेनॉलफथॅलिनमध्ये मिसळला तर द्रावण कोणत्या रंगाचे होईल?"

"किरमिजी."

हा संवाद आपणास कितीही लांबविता येईल. अनेक रासायनिक प्रक्रियांमध्ये निश्चित अशी रंगच्छटा अंतर्भूत असते. आणखी पंधरावीस संयुगांची नावे सहज सांगता येतील की ज्यांची द्रावणे तांबड्या रंगाच्या कोणत्या तरी छटांची असतील. यामुळे आपला गोंधळच होईल. असे म्हणतात की चित्रकाराना आणि कापडधंद्यातील रंगाऱ्याना तांबड्या रंगाच्या पंचवीसएक छटा ओळखता येतात.

पण रंगच्छटा ओळखण्याचे हे 'आत्मज्ञान' रसायनशास्त्रज्ञांच्या मुळीसुद्धा उपयोगाचे नाही. तसे पाहिले तर एकच पदार्थ जर वेगवेगळ्या प्रमाणात विरघळविण्यात आला तरीही कमीअधिक तीव्रतेच्या कितीतरी रंगच्छटा मिळतील. त्या साऱ्याच कशा काय लक्षात ठेवणार?

या पृथ्वीवर असे काही लोक आहेत की ज्यांचे डोळे बांधले असतानाही केवळ बोटांच्या स्पर्शाने ते रंग ओळखू शकतात. डॉक्टरांच्या मते या लोकांमध्ये त्वचीय दृष्टी अत्यंत मोठ्या प्रमाणात विकसित झालेली असते. सुप्रसिद्ध लेखक जोनाथन स्विफ्ट मोठ्या उपरोधाने लिहितो: "लापुटन ॲकॅडेमी ऑफ सायन्सेस"मध्ये अंध रसायज्ञ 'शास्त्रीय' विषय शिकत असताना वेगवेगळे रंग मिसळत होते."

आज या इंग्रज लेखकाचा शेरा मुळीसुद्धा औचित्यपूर्ण ठरणार नाही. आज रसायज्ञ द्रावाकडे न पाहताही त्याचा रंग जाणू शकतात. हे काम ते **वर्णपटदीप्तिमापन** या तंत्राच्या साहाय्याने करतात. विश्लेषणाची ही खास पद्धत,

वर्णपटदीप्तिमापक उपकरणाच्या साहाय्याने वापरता येते. या उपकरणाद्वारे रासायनिक संयुगाचे किंवा त्याच्या द्रावणाच्या रंगाचे विश्लेषण करता येते.

न्यूटनने एकदा प्रकाश-शलाका काचचितीमधून घालविली आणि त्यास जाणवले की शुभ्र प्रकाश हा फार गुंतागुंतीचा आहे. आपणापैकी बहुतेक साऱ्यांनी इंद्रधनुष्य पाहिलेच असेल. इंद्रधनुष्याचे जे रंग तेच शुभ्र प्रकाशाचे घटक असतात. काचचितीतून प्रकाश आरपार गेला असता न्यूटनला असेच इंद्रधनुष्य पहावयास मिळाले. या इंद्रधनुष्यालाच वर्णपट असे म्हटले जाते.

पण प्रकाश म्हणजे तरी काय? प्रत्यक्षात प्रकाश म्हणजे विद्युत्चुंबकीय कंपने अथवा तंरग असतात. प्रत्येक तरंगाची अगदी निश्चित अशी तरंगलांबी असते. (या तरंगलांबींचे चिन्ह 'लँब्डा' या ग्रीक अक्षराने दाखविले जाते.) कोणत्याही रंगाची अथवा रंगच्छटेची खास अशी तरंगलांबी असते किंवा, प्रत्येक विशिष्ट तरंगलांबी विशिष्ट रंगच्छटादर्शक असते. उदाहरणार्थ, तांबड्या रंगच्छटेचा रसायज्ञ, "६३७ मिलिमायक्रॉन तरंगलांबीचा तांबडा रंग" असा उल्लेख करेल. (मिलिमायक्रॉन म्हणजे मायक्रॉनचा एक-हजारांश भाग किंवा मिलिमिटरचा एक-दशलक्षांश भाग.) अशा उल्लेखांमुळे "किरमिजी", "तांबडा", "शेंदरी", "आकाशी" इत्यादी रंगवाचक नावे देण्याची आवश्यकता उरत नाही. फक्त तरंगलांबी सांगा, आणि जगातील साऱ्या शास्त्रज्ञाना अगदी नेमक्या रंगाचे आणि रंगच्छटेचे ज्ञान होईल. प्रत्येक संयुगास आज "लँबडा बरोबर अमुकअमुक" असे प्रमाणपत्र मिळालेले आहे. विश्वास ठेवा की ते एक फार मानाचे व महत्त्वाचे प्रमाणपत्र आहे!

पण हा झाला अर्धा भाग. पदार्थाचा रंग हा, पदार्थ ज्या तरंगलांबी शोषून घेतो आणि ज्या तरंगलांबी बाहेर टाकतो त्यावर अवलंबून असतो. उदाहरणार्थ, एखाद्या निकेल-क्षाराचे द्रावण जर हिरव्या रंगाचे असेल तर त्याचा अर्थ असा होतो की हिरव्या रंगच्छटेशी संबंधित अशी जी तरंगलांबी असते ती वगळता प्रकाशाच्या बाकी सर्व तरंगलांबी हा क्षार शोषून घेतो. पोटॅशियम क्रोमेटचा पिवळया रंगाचा द्राव फक्त पिवळया रंगापुरताच पारदर्शक असतो.

वर उल्लेख करण्यात आलेला वर्णपटदीप्तिमापक निश्चित अशा तरंगलांबीची प्रकाश-शलाका दाखवितो आणि निरनिराळ्या पदार्थांमार्फत त्या कशा शोषिल्या जातात त्याचे स्वरूप स्पष्ट करतो. अशा वर्णपटदीप्तिमापक उपकरणांमार्फत विपुल संख्येतील कार्बनी आणि अकार्बनी अशा दोन्ही प्रकारची संयुगे तपासली गेली आहेत.

दृष्य प्रकाशाप्रमाणेच पण डोळ्याना न जाणवणारा म्हणजेच अदृष्य प्रकाशही असतो. दृष्य प्रकाशाच्या वर्णपटाच्या पलिकडच्या क्षेत्रात त्याचे अस्तित्व असते. अवरक्त आणि पराजंबु किरण अशी त्यांची नावे आहेत. रसायज्ञ त्यांचाही उपयोग करून घेण्यास शिकले आहेत. विविध पदार्थांच्या अवरक्त आणि पराजंबु मर्यादेतील वर्णपटांचा त्यानी अभ्यास केला असून त्यायोगे मोठा मनोरंजक आविष्कार पहावयास मिळतो. त्याना असे आढळले की प्रत्येक रासायनिक संयुगाचा (किंवा आयनाचा), त्याचा स्वतःचा असा खास अवशोषण पट्ट असणारा वर्णपट असतो. जे तरंग (प्रारण) पदार्थांद्वारे शोषिले जातात ते तरंग वर्णपटात आढळत नाहीत. म्हणजेच प्रत्येक पदार्थास खास त्याचे असे "वर्णीय (अवरक्त किंवा पराजंबु) प्रमाणपत्र" मिळालेले असते.

असे अवशोषण वर्णपट केवळ गुणात्मक विश्लेषणासाठी उपयोगी पडतात असे नव्हे, तर भारात्मक विश्लेषणामध्येही उपयुक्त असतात. याचे कारण असे की अनेक उदाहरणात, द्रावणातील रासायनिक संयुगाचे प्रमाण अथवा संपृक्तता जेवढी जास्त, तेवढा त्याचा रंगही तीव्र, म्हणजेच विशिष्ट तरंगलांबीच्या रंगाचे अवशोषणही चांगलेच तीव्र होते. यानुसार, द्रावणामार्फत प्रकाशाचे अवशोषण किती झाले आहे (हाच प्रकार बहुधा, "प्रकाशीय घनता ठरविणे" अशा शब्दात व्यक्त केला जातो) हे ठरविले असता विशिष्ट मूलद्रव्यांची संहती (म्हणजेच दर एकक आकारमानातील वस्तू) सहज ठरविता येते.

पाण्याच्या थेंबाची करामत

प्राचीन काळातील एक म्हण असे सांगते की, "प्रतिभाशाली व्यक्तीचे सारे काही सामान्यच असते."

रासायनिक विश्लेषणाच्या कार्यक्षेत्रातील कामगिरीबद्धल सुप्रसिद्ध नोबल पारितोषित आजपावेतो फक्त एकदाच दिले गेले आहे. सुप्रसिद्ध झेक शास्त्रज्ञ यारोस्लाव हेरोव्स्की यांचे ते संशोधन आहे. त्यामुळे प्राग या गावास मक्केचे महत्त्व प्राप्त झाले. अनेक भाविकानी ऊर्फ रसायज्ञानी या मक्केच्या यात्रा केल्या. हेतु एकच, तो म्हणजे हेरोव्स्कीने विश्लेषणाचे "दिशादेशन लेखन" हे जे नवे तंत्र शोधून काढले ते आत्मसात करणे.

आज दरवर्षी जगातील मुखपत्रांमध्ये या तंत्रावर हजारापेक्षाही जास्त निबंध प्रसिद्ध होतात. या तंत्राचे ढोबळ स्वरूप पुढीलप्रमाणे आहे. एका काच-पात्रात तळाशी थोडा मर्क्युरी ऊर्फ पारा टाकलेला असतो व त्याच पात्रात ज्या पदार्थाचा अंश अथवा संहती निश्चित करावयाची आहे त्याचे द्रावण ठेवलेले असते. पाऱ्याच्या थराचा इलेक्ट्रोड ऊर्फ विद्युत् अग्र म्हणून उपयोग होतो. एका केशनलिकेतून ठराविक कालान्तराने काचपात्रात पाऱ्याचे जे थेंब पडत अस-तात ते इतर इलेक्ट्रोड असतात. या इलेक्ट्रोडना वीजप्रवाह जोडला जातो. यामुळे द्रावणाचे विद्युत अपघटन घडून यायला हवे. पण पाऱ्याच्या थेंबावरील विद्युतवर्चस पुरेसे (पुरेशा व्होल्टचे) असेल तरच विद्युत अपघटन घडून येईल. जर ते कमी प्रमाणात असेल तर मंडलातून प्रवाह वाहणारच नाही. द्रावणातील आयन जेव्हा साठून राहिलेला किंवा साठवून ठेवलेला विद्युत्उच्चय मोकळा करण्यास सुरुवात करतात तेव्हाच ते (विद्युत्वर्चस) वाढते. मग मंडलातून अथवा परिपथातून प्रवाह वाहण्यास सुरुवात होते.

द्रावणात जर वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांचे आयन असतील तर प्रत्येक आयन-प्रकार, खास त्याचेच असे वर्चस-मूल्य असते वेळीच विद्युतउच्चय मोकळा करेल.

रसायज्ञ मग आलेख काढतात. आडव्या X अक्षावर वर्चस-मूल्ये आणि उभ्या Y अक्षावर विद्युत्प्रवाह-मूल्य दर्शवितात. यातून मिळणारा आलेख जिन्या-प्रमाणे असून प्रत्येक टप्पा निश्चित अशा आयन-जाती दर्शवितो. प्रयोगान्ती मिळणारा हा 'जिना' प्रमाणित 'जिन्याशी' ताडून पाहतात. ज्ञात असणाऱ्या पदार्थांचा ज्ञात असणाऱ्या द्रावणांशी प्रमाणित आलेख अगोदरच तयार केलेला असतो.

या पद्धतीमुळे द्रावणाचे विश्लेषण गुणात्मक आणि भारात्मक असे एकाच वेळी करता येते. खास प्रकारच्या उपकरणांच्या साहाय्याने हे विश्लेषण स्वयंचलितरित्या अथवा स्वायत्त मार्गे करणे शक्य झाले आहे.

या पद्धतीचे कोणते वैशिष्टय तुम्हाला सर्वप्रथम जाणवते? मोठी रेखीव आहे, असेच ना? पण हे एवढेच वैशिष्टय नाही. दिशादेशन लेखन-तंत्र साधेसोपे आहे, झटपट करता येणारे आहे आणि त्यात संदिग्धता मुळीच नाही: एवढेच नव्हे तर या गुणांच्या बाबतीत ते इतर अनेक पद्धतीना मागे सारते. उदाहरणार्थ, अगदी एक-दशलक्ष ग्रॅम एवढ्या अंशमात्र प्रमाणात झिंक क्लोराइड असणाऱ्या एक घन सें. मी. द्रावणातील जस्त या तंत्राने निश्चित करता येते. त्यासाठी वेळ किती लागतो तर काही मिनिटे.

हेरोव्स्कीच्या मूळ कल्पनेस आज फारच परिपूर्ण स्वरूप दिले गेले असून त्याच्या अनेक नवनवीन रचना अस्तित्वात आल्या आहेत. त्यापैकी अधिशोषणात्मक दिशादेशन लेखनपद्धती ही एक असून या पद्धतीची संवेदनशीलता अतिशय उच्च दर्जाची आहे. दर घन सें. मी. द्रावणात जरी एक-अब्जांशाएवढा भाग असला तरी तो निश्चित करता येतो. कार्बनी पदार्थांबाबतीत या पद्धतीचा हुकमी वापर करता येतो.

दिशादेशन लेखनपद्धतीच्या विश्लेषण-तंत्राचा कुठे कुठे वापर होतो? अगदी प्रत्येक ठिकाणी असेच म्हटले पाहिजे. स्वयंचलित उत्पादनक्रियेच्या नियंत्रणार्थ, खनिजे आणि मिश्रधातूंच्या विश्लेषण कार्यात ते वापरले जाते. जीवमात्रात जीवनसत्त्वे, संप्रेरके ऊर्फ हार्मोन-द्रव्ये आणि वीषद्रव्ये काय प्रमाणात आहेत याची कल्पना या तंत्रामुळे येऊ शकते. कर्करोगाच्या प्रारंभिक निदानासाठी हे संश्लेषणात्मक तंत्र वापरता येईल काय याचाही विचार आज डॉक्टरमंडळी करीत आहेतच.

रासायनिक चिति ऊर्फ प्रिझम

एक विचित्र योगायोग खरा पण 'त्या' शास्त्रज्ञाचे नाव आणि त्याचा व्यवसाय, त्याच्या शोधाची व्यंजनेच ठरतात.

मिखाईल सेम्योनोविच त्स्वेत हा एक वनस्पतीशास्त्रज्ञ होता. रशियन भाषेत त्स्वेत या शब्दाचा अर्थ रंग असा आहे. या वनस्पतीशास्त्रज्ञास क्लोरोफिल द्रव्याबाबत बरीच आस्था होती. वनस्पतींच्या पानाना हिरवा रंग मिळण्यास हे द्रव्य कारणीभूत असते हे आपणास माहीत झालेच आहे.

प्राध्यापक त्स्वेत याना इतर अनेक रासायनिक कार्यपद्धती माहीत होत्या. एक विशेष प्रकार त्यांच्या खासकरून ध्यानात आला होता; काही असे पदार्थ आहेत (पृष्ठशोषक) की जे त्यांच्या पृष्ठभागी (पृष्ठभागी थराच्या स्वरूपात) अनेक वायु व द्राव धरून ठेवतात.

त्स्वेत यानी काही हिरव्या पानांचा कुट केला आणि त्यात अल्कोहोल टाकले. त्या कुटाचा रंग नाहीसा झाला. याचा अर्थ असा की रंग देणारा सारा पदार्थ अल्कोहोलमध्ये विरून गेला. त्यानंतर त्यानी बेंझिनच्या साहाय्याने दमट केलेली खडूची पूड एका काचनलिकेत भरली. या नलिकेत मग त्यानी क्लोरोफिलचे द्रावण ओतले.

खडूच्या पुडीचा वरचा थर हिरवा झाला.

त्स्वेतनी नलिकेत एकेक थेंब बेंझिन टाकून पूड धुण्यास प्रारंभ केला. हिरवा भाग हालचाल करू लागला आणि खालच्या दिशेने सरकू लागला. आणि काय आश्चर्य सांगावे – त्याचे अनेक रंगाचे वेगवेगळे थर दिसू लागले. त्यामध्ये पिवळसर हिरवा, हिरवट-निळा आणि तीन पिवळया रंगाच्या छटा असणारे थर होते. त्या वनस्पती-शास्त्रज्ञास हा मोठा वैचित्र्यपूर्ण प्रकार वाटला तर रसायनशास्त्रज्ञांच्या दृष्टीने या प्रकाराद्वारे विश्लेषण क्षेत्रातील एक नवे दालन उघडले गेले.

या प्रयोगातून असे निष्पन्न झाले की क्लोरोफिल हे अनेक संयुगे मिळून तयार झालेले असून या संयुगांच्या संरचना आणि गुणधर्म जरी बरेचसे मिळते जुळते असले तरी ती निश्चितच भिन्न भिन्न आहेत. ज्यास आपण आज क्लोरोफिल म्हणतो ते या अनेकांपैकी केवळ एक आहे. हे अनेक प्रकार ऊर्फ संयुगे अगदी सोप्या पद्धतीद्वारे वेगवेगळी करण्यात आली आहेत.

त्या सर्वांचे खडूमार्फत पृष्ठशोषण होते, पण प्रत्येकाचे वेगवेगळ्या प्रकारे. प्रत्येक संयुगाची खडूच्या पृष्ठभागामार्फत शोषण करण्याची क्षमता वेगवेगळी आहे. जेव्हा नलिमधून बेंझिन (प्रोद्धावक) वाहून नेले तेव्हा त्यामार्फत नि-श्चित क्रमाने एकेक संयुग वेगळे वाहून नेण्यात आले. प्रथम कमी तीव्रतेने पृष्ठ-शोषित केली जाणारी व नंतर अधिक तीव्रतेने शोषिली जाणारी संयुगे बेंझिन-मार्फत वाहून नेली गेली.

ज्याप्रमाणे चिति ऊर्फ प्रिझमद्वारे सूर्यप्रकाशाचे सप्तरंगाच्या वर्णपटात रूपांतर होते तसाच एक प्रकार या पृष्ठशोषक स्तंभाद्वारे केला गेला. जटिल मिश्रणांचे घटक वेगवेगळे केले गेले. १९०३ मध्ये त्स्वेतने या नव्या विश्लेषण पद्धतीचा शोध लावला आणि खुद्द त्यानेच त्यास "वर्णलेखात्मक विश्लेषण" असे नाव दिले. (वर्णलेखन या अर्थी असणाऱ्या ग्रीक शब्दापासून मूळ इंग्रजी शब्द 'क्रोमॅटोग्राफी' तयार केला गेला.)

रासायनिक रंगलेखनाची ही पद्धत आज जगातील साऱ्या प्रयोगशाळांमध्ये एक महत्त्वपूर्ण साधन ठरले आहे.

पण शास्त्रीय शोधांचे नशीब केवढे विचित्र असते पहा. काही विस्मृतीच्या पडद्याआड जातात आणि अनेक वर्षानी त्यांची अचानक आठवण येते, जणू आकाशाच्या पार्श्वभूमीवर अचानक दिसणारा तेजस्वी ताराच. वर्णलेखनाच्या शोधाबाबत नेमके हेच घडले. त्याचा शोध पहिल्या दशकात लागला आणि आठवण झाली मात्र चौथ्या दशकात!

प्रोमेथिअमच्या शोधाची कथा

खरे तर कोणताही शोध एकदाच लागतो पण प्रोमेथिअम या ६१ अणु-अंकाच्या मूलद्रव्याचा 'शोध' अनेकदा लागला आहे. प्रत्येक वेळी त्यास निर-निराळी नावेही दिली गेली – इलिनिअम, फ्लॉरेंशिअम, सायक्लोनिअम. प्रत्येक वेळी शोधातील व्यर्थपणा प्रतीत झाला पण त्यामुळे इतिहास मात्र घडला.

मग शास्त्रज्ञानी निष्कर्ष काढला की हे एकसष्टावे मूलद्रव्य पृथ्वीवर मुळी अस्तित्वातच नाही. अशा प्रकारे वादाचे मूळच उखडून टाकण्यात आले. आवर्ती पद्धतीतून ते वगळण्यात आले याचे कारण निसर्गाचा लहरीपणा आडवा आला म्हणून नव्हे तर या मूलद्रव्याचे सर्वत्र समस्थानिक किरणोत्सारी आहेत म्हणून. ते सारे अत्यंत अस्थैर्यी आहेत आणि फार पूर्वी त्यांचा, नजिकच्या मूलद्रव्यांच्या समस्थनिकात ऱ्हास होऊन गेला.

अखेर १९४५ मध्ये, अणुभट्टीच्या कामात ते कृत्रिमरित्या तयार केले गेले. अणुभट्टीचे इंधन म्हणून वापरल्या जाणाऱ्या युरेनिअमच्या केंद्रकांचे जेव्हा विखंडन होते तेव्हा हलकी मूलद्रव्ये तयार होतात. त्यातलेच एक प्रोमेथिअम. हेच आताचे खरे नाव आहे.

सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रज्ञानी त्यास मान्यता दिली खरी पण ते प्रत्यक्ष हाताळल्या शिवाय आणि डोळयांनी लहानसा तरी कण पाहिल्याशिवाय रसायज्ञ स्वस्थ बसणे अशक्य; धातुरूपात नाही तरी निदान संयुगाच्या रूपात तरी ते पाहण्यास मिळालेच पाहिजे हा त्यांचा हट्ट. पण परिस्थिती अशी होती की हे मूलद्रव्य एक-हजारांश ग्रॅमच नव्हे तर त्याहीपेक्षा अधिकच कमी प्रमाणात वेगळे करणे जवळजवळ अशक्यच होते.

ते एवढे कमी आहे का? त्यापेक्षाही कमी प्रमाणात असणाऱ्या पदार्थांचे आव्हान रसायज्ञानी पूर्वी स्वीकारलेच होते व त्यात ते यशस्वीही ठरले होते.

पण यावेळी अडचण वेगळयाच प्रकारची होती. प्रोमेथिअम हे एक दुर्मिळ मृत्तिका मूलद्रव्य आहे. त्याच्या कुटुंबियातील सारखेपणा आपण पूर्वी पाहिलाच आहे. युरेनिअमच्या केंद्रकांच्या विखंडांमध्ये प्रोमेथिअमचे अगदी नजिकचे असे निओडिमिअम आणि समेरिअम हे शेजारी भरपूर प्रमाणात असतात. सर्वप्रथम प्रोमेथिअम त्यांच्यापासून वेगळे करणे जरूरी होते आणि हेच मोठे कठीण काम होते. या दुर्मिळ मृत्तिकांपायी ज्यानी आपले सारे आयुष्य खर्ची घातले त्यानी खरोखरीच अपूर्व असा मोठा पराक्रमच केला आहे. शास्त्रज्ञांचा तो एक निर्दय छळवादच निसर्गाने मांडला होता असे म्हटल्यास वावगे ठरणार नाही. तसे

म्हणणे भागच आहे कारण त्या चौदा जुळयाना अलग करून प्रत्येक मूलद्रव्य स्वतंत्रपणे मिळविणे हे काही सामान्य काम नव्हते. (उर्बेनचेच उदाहरण पहा. त्याने शुद्ध स्वरूपात थुलिअम मिळविण्याचे ठरविले आणि मिळविलेही. पण त्या-साठी उर्बेनला पाच वर्षे लागली आणि नीरस व अति किचकट अशा पंधरा हजारांवर रासायनिक प्रक्रिया कराव्या लागल्या!)

अर्थात, शुद्ध स्वरूपात प्रोमेथिअम मिळविणे सोपे नसले तरी फार अवघड नव्हते. त्याच्या संदर्भात एक गोष्ट लक्षात घेतली पाहिजे की ते किरणोत्सारी असून वेगाने ऱ्हास पावते. म्हणजेच ते वेगळे करेपर्यंत त्याचा अंशही उरलेला नसणार असा प्रकार घडणे अगदी शक्य होते.

म्हणजेच वेगळे करण्याच्या पद्धतींची नितांत आवश्यकता होती; अशा पद्धती की ज्या वर्षानुवर्षे, महिने किंवा आठवडे घेणाऱ्या नव्हे तर काही तासा-तच निष्कर्ष देणाऱ्या हव्यात. रसायज्ञाना कोणत्याच पद्धतीची माहिती नव्हती.

आणि मग नेमकी वर्णलेखन पद्धतीची आठवण झाली.

त्स्वेतची अलगता साधणारी नलिका (आज 'वर्णलेखन स्तंभ' असे मोठे गौरवशाली नाव तिला मिळाले आहे) पृष्ठशोषक पदार्थाने (यावेळी खडूच्या पुडीने नव्हे तर आयनांची अदलाबदली करू शकणाऱ्या अशा विशिष्ट प्रकारच्या रेझिन ऊर्फ राळद्रव्याने) भरण्यात आली. या रेझिनच्या स्तंभातून दुर्मिळ मृत्तिका मूलद्रव्यांचे क्षारयुक्त द्रावण आरपार जाण्यासाठी टाकण्यात आले. ही लँथानाईडे जरी एकमेकांशी विलक्षण साम्य दाखविणारी असली तरी ती एकसमान मुळीच नाहीत. प्रत्येकाचे रेझिन-द्रव्याबरोबर जटिल संयुग तयार झाले. ही संयुगे स्थैर्याबाबत फरक असणारी असली तरी त्याचा निश्चित क्रम आहे. या कुटुंबियातील पहिला सभासद असलेल्या लँथॅनाईडचे सर्वात जास्त टिकाऊ संयुग बनते तर शेवटच्या म्हणजे ल्युटेशिअमचे सर्वात अल्पकालिन संयुग बनते. त्यानंतर हा रेझिन पदार्थ खास द्रावणाच्या साहाय्याने धुतला जातो. या द्रावणाच्या थेंबानी रेझिन-कण वेढले जातात आणि दुर्मिळ मृत्तिका मूलद्रव्यांचे आयन धुवून काढतात – त्यातही पुन्हा निश्चित असा क्रम असतोच

असतो. आणि अशा प्रकारे त्या स्तंभातून दुर्मिळ मृत्तिकांची क्षारयुक्त द्रावणे थेंबाथेंबाने गळू लागतात, प्रथम ल्युटेशिअम क्षार आणि शेवटी लँथेनस क्षार.

या पद्धतीमार्गेच मारिन्स्की, ग्लेंडेनिन आणि कोरिएल या तीन अमेरिकन शास्त्रज्ञानी, निओडिमिअम व समेरिअम यापासून प्रोमेथिअम वेगळे केले. या कामास वेळ किती लागला तर अवघे काही तास!

रानफळांचा धुंद सुवास

मे महिन्याच्या उन्हाळयातील ऊष्ण वाऱ्यांचे दिवस आहेत. तुम्ही आमराईत बसलेले आहात. जिकडे तिकडे झाडाना आंबे लटकलेले दिसत आहेत आणि त्यांचा आंबटगोड सुगंध तुम्हाला बचैन करीत आहे, तोंडाला पाणी सुटत आहे... आंब्याची रंगतदार, चवदार, सुगंधित फोड जिभेवर केव्हाच विरघळत आहे.

पण त्याना कशाचा सुगंध येत असावा? तुम्हाला कबूल करावे लागेल की हा प्रश्न तुमच्या मनात कधीच आला नाही. त्या आम्रवनातील नुसता सुगंध तुम्ही घेतला असेल, पण तो कशामुळे, याचा तुम्हाला पत्ताही नसेल.

गंध अथवा वास हा एक मोठा गुंतागुंतीचा प्रकार आहे. वासांचे एक विस्तृत शास्त्र उभे आहे. एखाद्या पदार्थास तीव्र वास का असतो, दुसऱ्यास मुळीसुद्धा नाही अशी परिस्थिती का, याबाबत सर्वमान्य असे स्पष्टीकरण शास्त्रज्ञाना अजूनपावेतो मिळालेले नाही. काहीचा वास आल्हाददायक तर काहींचा मळमळ निर्माण करणारा का हे त्यातलेच आणखी एक कोडे.

एखाद्या पदार्थाचा गंध हा त्याच्या रेणूंच्या संरचनेशी संबंधित असला पाहिजे यात मुळीच संशय नाही, पण तो कसा काय? तेच तर आपणास खात्रीपूर्वक सांगता येत नाही. वासाबद्दलची निश्चित अशी भौतिक विचारप्राणाली अजून तरी उपलब्ध झालेली नाही.

रसायज्ञांचे काम तसे सोपे झाले आहे. निरनिराळ्या वासाना कारणीभूत

असणारे रेणु ते शोधू शकतात, निवडू शकतात आणि आंब्याला, पेरूला कोणत्या संयुगामुळे विशिष्ट वास येतो ते खात्रीपूर्वक सांगू शकतात.

स्ट्रॉबेरी या फळाचा वास म्हणजे ८६ प्रकारच्या वासांचे मोठे जटिल स्वरूपी मिश्रण आहे. अगदी अनुभवी अशा सुगंधी द्रव्याच्या उत्पादकास स्ट्रॉबेरी एवढा मोठा मोहक सुगंध बनविणाऱ्या निसर्गाचा नक्कीच हेवा वाटेल.

शास्त्रज्ञाना अशा प्रकारच्या सुगंधांचे, वासांचे "विच्छेदन" करणे कसे काय शक्य होते?

वर्णलेखन पद्धतीमुळेच तीस वायु-द्रस वर्णलेखन म्हटले जाते.

या पद्धतीत खास प्रकारे तयार केलेले सिलिकॉन डायॉक्साइड (SiO_2) पृष्ठशोषक पदार्थ म्हणून वापरले जाते व ते सहज बाष्पनशीलता नसणाऱ्या द्रावाने दमट केले जाते. वाहक माध्यम म्हणून अर्गॉनसारखा अक्रियाशील वायु वापरला जातो. बस्स. एवढे पुरेसे असते.

किंवा केवळ अ-बाष्पनशील द्रावाने काचेची नळी जरी ओलसर केली तरी चालेल, पण नळी भरपूर लांब असली पाहिजे. ताज्या स्ट्रॉबेरी फळाचा सारा सुगंध 'पकडण्यासाठी' संशोधकाना १२० मीटर लांबीची नळी वापरावी लागली. अर्थात एवढी मोठी नळी वेटोळयाच्या स्वरूपात गुंडाळावी लागली व ती, तपमान सावकाशपणे व एकसारखेपणे वाढविण्यासाठी तापस्थापी नामक एका खास उपकरणात ठेवली गेली. अशी जरूरीच होती कारण स्ट्रॉबेरीच्या सुगंधाचे निरनिराळे घटक बाष्पनशीलतेत भिन्न प्रकृतीचे होते, काही सहजगत्या बाष्पनशील पावणारे तर काही कमी प्रमाणात. नळीमध्ये निश्चित अशा क्रमवारीने



हे घटक आपणहून रचले गले. त्यानंतर नळीमधून अरगॉन वायु सोडण्यात आला व त्याच्या साहाय्याने हे घटक नळीबाहेर काढले गेले. वायु बाहेर पडणाऱ्या तोंडापाशी मोठे गुंतागुंतीचे एक नोंद करणारे उपकरण बसविले होते, या नोंदींवरून असे लक्षात आले की स्ट्रॉबेरीच्या सुगंधात ९६ प्रकारचे वेगवेगळे सुगंध-घटक आहेत, पण त्या साऱ्यांचे एकूण वजन मात्र केवळ 10^{-12} ग्रॅम भरले!

या पद्धतीच्या साहाय्याने अगदी जटिल असे अनेक नैसर्गिक पदार्थ रसायज्ञानी तपासले. पेट्रोलियममध्ये किती घटक असावेत अशी तुमची कल्पना आहे? २३० पेक्षा कमी नाहीत! ते नुसतेच मोजण्यात आले असे नाही तर प्रत्येक घटक कोणता हे शोधून काढण्यात आले आहे.

नेपोलियनचा मृत्यु : सत्य परिस्थिती

अधिकृत, सरकारी माहितीनुसार, पहिला नेपोलियन बोनापार्ट सेंट हेलेना या बेटावर ५ मे १८२१ रोजी कालवश झाला. त्याच्या मृत्यूस पोटाचा कर्करोग कारणीभूत ठरला आणि त्या रोगाने अर्धे जग जिंकणाऱ्या या सम्राटास अवघ्या सहा महिन्यात धुळीस मिळविले. कोरोनर ऊर्फ अपमृत्युनिर्णेत्याच्या अहवालावर ॲन्टोमार्की यांची सही होती. हे वृत्त जरी अधिकृतरित्या प्रसिद्ध करण्यात आले होते तरी त्यावर फारच थोड्या लोकानी विश्वास ठेवला आणि तो अकारण नव्हता.

या महान सम्राटाच्या असंख्य चाहत्यानी शेवटपर्यंत मोठ्या पोटतिडकीने असा दावा केला की नेपोलियनला नैसिर्गिक मृत्यु आलेला नसून त्याच्यावर वीषप्रयोग केला गेला.

खुद्द बोनापार्टने आपल्या मृत्युच्या केवळ एक आठवड्यापूर्वी तोंडी सांगितलेल्या आपल्या मृत्युपत्रात म्हटले आहे की "लोकसत्ताक राज्यपद्धतीचा नारा गाणाऱ्या काही मूठभर राजकारण्यानी भाडोत्री मारेकऱ्यांमार्फत हे कृत्य केले आहे."

पण नेपोलियनला कोणते विष दिले गेले असेल? गतशतकात अनेक प्रकारची विषद्रव्ये ज्ञात होती पण त्या अज्ञात मारेकऱ्यांमार्फत त्यापैकी एखादे वापरले जाणे अशक्यच होते.

जर कोणत्या विषाची जरूरी होती तर ती चवरहित अशा विषाची, त्यामुळे कोणत्याच प्रकारचा संशय येण्याचे कारण नव्हते. ते जालिम असून चालणार नाही, त्याचा परिणाम सावकाश पण निश्चित झाला पाहिजे. असे एकच विष आहे, ते म्हणजे अर्सेनिक.

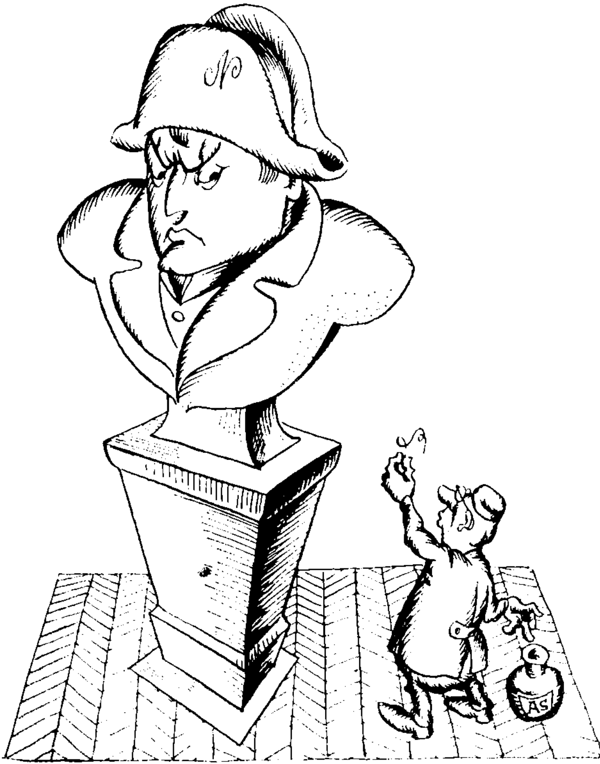
पण ते सिद्ध कसे करणार? नुसत्या अंदाजानी भागणार नाही तर निर्विवाद, अस्सल पुरावा पाहिजे. ते सांगणारा कुणी साक्षीदारही अस्तित्वात नव्हता. त्या सम्राटाच्या थडग्यातील अवशेष पृथःक्करणार्थ उकरून काढणे हा एक भ्रष्ट, पावित्र्यहानीचाच प्रकार ठरला असता...

तथापि पृथःक्करणाचे क्लेशकारक काम १४० वर्षानी स्कॉटलंडमधल्या ग्लासगो गावी सुरू झाले. नेपोलियनच्या अनैसर्गिक, न पटणाऱ्या मृत्यूचा एकेक दुवा जुळविण्यास प्रारंभ झाला. या कामात स्मिथ आणि फॉर्शुफ्वुड यानी पुढाकार घेतला.

जगातील साऱ्या वस्तुसंग्रहालयाना त्यानी एक असाधारण विनंती केली आणि त्यांच्या संग्रहात त्या थोर फ्रेंच व्यक्तीच्या केसांचा कमीअधिक प्रमाणात संग्रह असल्यास कळविण्यास सांगितले. तशी माहिती मिळण्यास थोडाफार कालावधी लागला खरा पण अखेर त्या दोघा डॉक्टरांवर नशिबाने मेहरनजर केली.

त्या डॉक्टरद्वयास माहीत होते की मानवी शरिरात प्रवेश करणारे अर्सेनिक हळूहळू केसांमध्ये जमा होते. बोनापार्टच्या केसांमध्ये जर ते आढळले तर...

पण तसे प्रत्यक्ष सिद्ध करण्यापेक्षा बोलणे सोपे होते. केसांतील अर्सेनिकचे प्रमाण फारच अल्प असते. त्यासाठी विश्लेषणाच्या रासायनिक पद्धती वापरता येणाऱ्या होत्या पण त्यांची अचूकता, संवेदनशीलता संभाव्य चूक टाळण्याइतपत उच्च दर्जाची नव्हती. या ठिकाणी तर निर्विवाद खात्री होणाऱ्या निष्कर्षाची नितांत आवश्यकता होती.



वरील संशोधनात पुढे वॅसेन नामक स्विडिश डॉक्टर सामील झाले.

त्या मूल्यवान केसांचा झुबका एका ॲल्युमिनिअमच्या नळकांड्यात सीलबंद करण्यात आला आणि ते नळकांडे युरेनिअम-अणुभट्टीत काही तास ठेवले गेले. त्यानंतर अणुभट्टीतून ते केस बाहेर काढले गेले आणि खास प्रकारच्या उपकरणानी तपासले गेले. तपासणीचा निर्विवाद निष्कर्ष असा मिळाला की नेपोलियन अर्से-निकच्या विषप्रयोगानेच मृत्युमुखी पडला! केसांमध्ये, सामान्यतः अर्सेनिकचे जे

काही प्रमाण असते त्यापेक्षा नेपोलियनच्या केसांमध्ये ते तेरा पट अधिक होते.

बोनापार्टच्या मृत्यूचे खरे कारण शास्त्रज्ञाना कसे काय शोधता आले? एकाही रासायनिक पद्धतीचा वापर न करता अर्सेनिकचे अस्तित्व कसे काय जाणता आले?

सक्रियण विश्लेषण

नैसर्गिक अर्सेनिक हे अतिशय स्थिर असे मूलद्रव्य आहे. कधीही व कुणासही त्यामध्ये किरणोत्सार गुणधर्म पहावयास मिळाला नाही. अर्सेनिकचे खास असे आणखी एक वैशिष्टच आहे. ते जणू एकांडच्या शिलेदारासारखे 'एकाकी' असते. इतरांपैकी अनेक मूलद्रव्ये दोन, तीन अथवा चार समस्थानिकांची मिश्रणे असतात. उदाहरणार्थ, कथिलात – टिनमध्ये – वेगवेगळया प्रकारचे दहा अणु असतात व ते सर्वच्या सर्व निसर्गात सापडतात. पण अर्सेनिक फक्त अर्सेनिकच असते, त्याच्या केंद्रकात ३३ प्रोटॉन आणि ४२ न्यूट्रॉन असतात आणि या एकत्रित स्वरूपामुळे ते अत्यंत स्थिरस्वरूपी ठरले आहे.

पण जर एखादा जादा न्यूट्रॉन कोणत्या तरी मार्गे या केंद्रकात शिरण्यात यशस्वी झाला तर त्याचे स्थिरस्वरूप नाहीसे होते आणि किरणोत्सार गुणधर्माचा समस्थानिक तयार होतो. अर्सेनिकचे असे समस्थानिक रासायनिक पद्धतींशिवाय शोधता येतात. त्यासाठी जर कशाची जरूरी असेल तर किरणोत्साराची नोंद करणाऱ्या उपकरणाची. वरीलप्रमाणे कार्यप्रवण अथवा सक्रियण झालेल्या अर्सेनिकचे प्रमाण जेवढे जास्त तेवढया तीव्र स्वरूपाचे त्याचे किरणोत्सारण असते.

अशा या साध्या पण अतिशय महत्त्वाच्या सक्रियण विश्लेषण पद्धतीचे हे असे मूलभूत तत्त्व आहे. तीमुळे शून्यलब्धी अथवा अत्यंत अल्प प्रमाणातील पदार्थांचे अस्तित्व जाणता येते. हे अत्यल्प प्रमाण किती मर्यादेपर्यंतचे तर दशांश चिन्हानंतर दहा ते बारा शून्ये असणाऱ्या ग्रॅमचा अंश. अशा विश्लेषणासाठी ज्यावर प्रयोग करावयाचा आहे त्यावर न्यूट्रॉन शलाकेचा मारा (न्यूट्रॉन प्रार-

णाचा आघात) केला म्हणजे झाले. त्यायोगे जे किरणोत्सार गुणधर्माचे समस्थानिक तयार होतात. त्यातून बाहेर पडणाऱ्या प्रारणाची तीव्रता मोजणे असा हा विश्लेषण प्रकार आहे.

अशा प्रकारे, नेपोलियनचा मृत्यु कोणत्या परिस्थितीत झाला हे इतिहासकाराना समजून आले. परिपूर्ण विज्ञानाने मदतीचा हात दिल्याचे हे केवढे मोठे गौरवपूर्ण उदाहरण आहे!

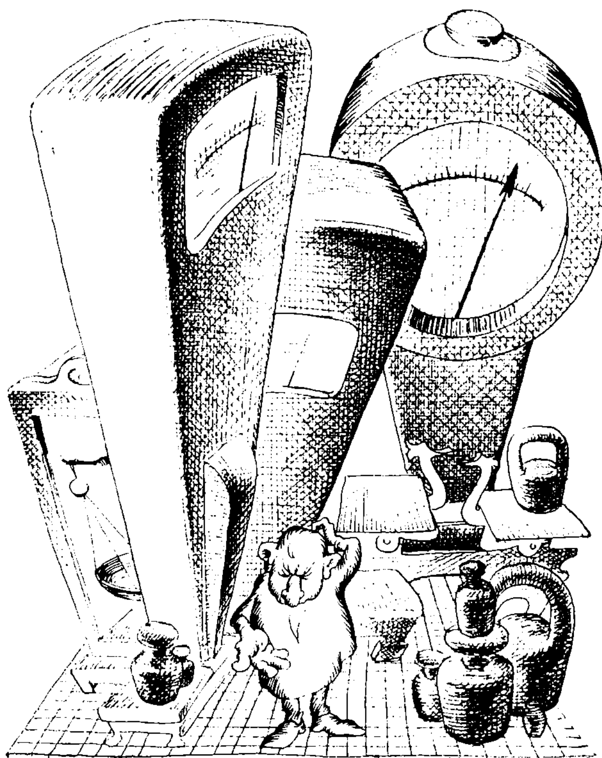
शुद्धावस्थेतील जर्मेनिअम एक उत्कृष्ठ दर्जाचा अर्धवाहक (धातु आणि अधातु यांचे गुण अंशत: धारण करणारा) पदार्थ म्हणून सुप्रसिद्ध आहे. पण त्यात अशुद्धता आणणारे केवळ दहापाच अणु – उदा. अँटिमनीचे – जरी असले, म्हणजे जर्मेनिअमच्या 10^{12} अणूंमध्ये एक अणु जरी अँटिमनीचा असला तर त्याचा अर्धवाहकतेचा गुणधर्म पार नाहीसा होतो. यासाठीच जर्मेनिअमची शुद्धता अगदी डोळयात तेल घालून तपासणे जरूर असते व ते सक्रियण विश्लेषण पद्धतीनेच शक्य झाले आहे.

त्यासाठी न्यूट्रॉनचा मारा जर्मेनिअमच्या नमुन्यावर सुरू होतो. रसायज्ञाना ठाऊक असते की त्यामध्ये थोडीफार अशुद्धता आहे. इतर प्रसंगी त्याकडे दुर्लक्ष केले तरी चालते पण अर्धवाहकतेच्या गुणधर्मासाठी तेवढी अशुद्धता असणारे 'शुद्ध' जर्मेनिअम टाकाऊ ठरते. न्यूट्रॉनसमवेत जर्मेनिअम आणि अँटिमनी यांची अणुकेंद्रके वेगवेगळया प्रकारे प्रक्रिया पावतात. पहिले त्यास सहजगत्या आरपार जाऊ देतात तर दुसऱ्यामार्फत ते जणू आधाशीपणे शोषिले जातात. यामुळेच तर अँटिमनीचे किरणोत्सार गुणधर्माचे समस्थानिक तयार होतात. उर्वरित काम प्रारण-मापकांमार्फत केले जाते. आता आपण निश्चितपणे सांगू शकतो की जर्मेनिअममध्ये अँटिमनीचे प्रमाण जास्त आहे की कमी.

क्षुल्लक वजनाचे मोजमाप

५०० मायक्रोग्रॅम वजन म्हणजे खूप झाले का? पाहू या. एक मायक्रोग्रॅम म्हणजे मिलिग्रॅमचा एक-हजारांश भाग किंवा एका ग्रॅमचा एक-दशलक्षांश भाग असतो. म्हणजे मग ५०० मायक्रोग्रॅम म्हणजे ग्रॅमचा पाच-दशहजारांशावा भाग

अथवा अर्धा मिलिग्रॅम ठरतात. पाण्याच्या संदर्भात असे म्हणता येईल की ५०० मायक्रोग्रॅम म्हणजे अर्धा घन-मिलिमीटर किंवा अंदाजे, टाचणीच्या डोक्या-च्या आकारमानापेक्षा एक-तृतियांश. पण एखादा पदार्थ जर त्यामानाने दसपट वजनदार असेर तर? तर त्याचे आकारमान एक-दशांश कमी असणार. पदार्थाचा एवढा लहान भाग दिसणे किंवा जाणवणे ही अशक्य होईल. मग काय करावे? तो सूक्ष्मदर्शकातून पाहण्यापलिकडे काहीच करता येणार नाही.



तथापि, १९४२ मध्ये अमेरिकन शास्त्रज्ञांजवळ फक्त ५०० मायक्रोग्रॅमच प्लूटोनिअमचा 'साठा' होता, जास्त नाही की कमी नाही. पण ते एवढ्या क्षुल्लक प्रमाणात उपलब्ध असूनही या मूलद्रव्याचे मुख्य गुणधर्म जाणून घेण्यात हे शास्त्रज्ञ यशस्वी झाले. या गुणधर्मांचा एवढा काटेकोर अभ्यास करण्यात आला की एक वर्षाने एक मोठे प्लूटोनिअम उत्पादन-केंद्र उभारले गेले.

सर्व प्रकारच्या रासायनिक प्रक्रियांमध्ये रसायज्ञाना अनेकदा वजनाची मोजदाद करावीच लागते. ही मोजदाद करणाऱ्या तराजूमध्ये गुंतागुंतीचा असा काय प्रकार असावा? तराजू म्हणजे तराजू. अगदी मिलिग्रॅमच्या शंभराव्या भागाचे चोख वजन करणारा विश्लेषणात्मक सूक्ष्म तराजू तसा खूपच साध्यासोप्या रचनेचा असतो. पण गंमत अशी की वजनातील एवढी सूक्ष्मता रसायज्ञांचे समाधान करण्यात केव्हाच मागे पडली आहे. या शतकामध्ये सुरुवातीच्या काळात मिलिग्रॅमच्या एक-दहाहजारांश भागाचे अचूक वजन करणारा तराजू तयार केला गेला. ओघानेच सांगावेसे वाटते की इंग्रज भौतिकशास्त्रज्ञ विल्यम रॅम्से यानी सुमारे ०.१६ घन-सें. मी. रेडॉन मोजण्यासाठी अशाच एका तराजूचा वापर केला होता. या मोजमापाच्या साहाय्यानेच रेडियमच्या ऱ्हासाबाबत रूदरफोर्डचे जे गृहितक किंवा तात्पुरती विचारसरणी होती ती बरोबर असल्याचे रॅम्सेना ठरविता आले.

पण असा सूक्ष्ममापी तराजू काही अंतिम मर्यादा ठरत नाही. काही कालान्तराने हॅन्स पॅटरसन या स्विडिश रसायज्ञाने जो तराजू तयार केला ज्याच्या साहाय्याने मायक्रोग्रॅमच्या एक हजारांश भागापर्यंत (6×10^{-10} ग्रॅम) वजन करणे शक्य झाले. या सूक्ष्मतय मोजमापाची केवळ कल्पना करणेही अशक्य आहे. आजकालच्या आधुनिक अतिसूक्ष्म वजन करणाऱ्या तराजूची एक-वीस लक्षांश भाग वजन करण्याएवढी क्षमता आहे.

ही अशी अतिसूक्ष्मपणे वजन करण्याची कला, अतिसूक्ष्म विश्लेषण पद्धतीमुळे अस्तित्वात आली. त्यापेक्षा तसूभरही कमी महत्त्व नसणाऱ्या आणखीही इतर पद्धती या विश्लेषण पद्धतीमुळे अस्तित्वात आल्या आहेत.

अत्यंत अल्पसा आकारमान असलेल्या पदार्थाच्या साहाय्याने रासायनिक क्रिया करता येणाऱ्या पद्धती अस्तित्वात आल्या आहेत. हे आकारमान एका मिलिलिटरचा एक-दशहजारांश भागापर्यंत असू शकते. एका मायक्रोलिटरच्या एक-दशहजारांश भागाच्या साहाय्याने काम करण्याचे प्रसंग काही कमी नसतात.

एकाकी अणूचे रसायनशास्त्र

एक काळ असा होता की काही मिलिग्रॅममध्ये उपलब्ध झालेल्या एखाद्या नव्या मूलद्रव्याचे गुणधर्म तपासण्याचे काम रसायज्ञाना मोठे क्लेशदायक आणि जणू अशक्यच वाटत असे.

पण पुढे 'अल्प प्रमाणा'च्या कल्पना वेळोवेळी सुधारत गेल्या. १९३७ मध्ये इटालियन शास्त्रज्ञ पेरियर आणि सेग्रे यानी टेक्निशिअम या ४३ क्रमांकाच्या मुलद्रव्याचे गुणधर्म मोठ्या यशस्वीरीत्या अभ्यासिले. यशस्वीरीत्या म्हणण्याचे कारण असे की नुकत्याच शोधल्या गेलेल्या या मूलद्रव्याचा त्यांच्याजवळ साठा किती होता तर अवघा एक-दशसहस्र दशलक्षांश ग्रॅम!

त्यांच्या अनुभवाचा इतराना जरूर फायदा मिळाला. युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्यांचा अभ्यास करतेवेळी ग्रॅम, मिलिग्रॅम इतकेच नव्हे तर मायक्रोग्रॅम अशी वजने विसरावयाची असतात. त्याना "अदृश्य वजने" असे म्हटले तरी अतिशयोक्ती होणार नाही. युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्यांवरील शास्त्रीय निबंधांमध्ये अशाच आकड्यांचा भरणा आढळेल. आवर्ती पद्धतीतील या मूलद्रव्यांवरील अभ्यास जेवढा खोल तेवढ्या जास्त अडचणी उभ्या राहतात.

अखेर मेंदेलेयेव या महान रशियन शास्त्रज्ञाच्या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या मेंदेलेविअम या एकशे एकाव्या मूलद्रव्याची पाळी येते.

ज्या अर्थी या नव्या अशा युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्यास नाव दिले गेले त्याअर्थी शास्त्रज्ञांची खात्री पटलेली आहे की हे मूलद्रव्य प्रत्यक्षात मिळविले गेले आहे. १०१ क्रमांकाचे मूलद्रव्य कोणत्या परिस्थितीत मिळविता येणे शक्य आहे याचे गणित मांडणे तुलनात्मकदृष्ट्या सोपे आहे. संबंधित केंद्रकीय प्रक्रियांचे समी-

करण मांडणेही फारसे अवघड नव्हते. या नव्या युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्याचे कोणते समस्थानिक तयार होतील हेसुद्धा आधी ठरविता येईल.

ही अशी विचारप्रणाली होती तर. पण प्रत्यक्षात जे काही मिळाले ते, हवे तेच आहे याची खात्री करणे फार जरूरीचे असते. १०१ व्या मूलद्रव्याचेच समस्थानिक त्या केंद्रकीय प्रक्रियेतून तयार झाले, दुसऱ्या कोणत्याही मूलद्रव्याचे नाहीत हे निर्विवादपणे, नि:संशयरित्या सिद्ध करता आले पाहिजे.

जे काही घडले ते मोठं स्तिमित करणारे घडले. "१०१ व्या मूलद्रव्याच्या संश्लेषणाच्या एका प्रयोगात, नव्या मूलद्रव्याचे एकापेक्षा अधिक अणु तयार होण्याची अपेक्षा कधीच करता येणार नाही"—असा भौतिकी आणि गणिती युक्तिवादाचा काटेकोर निर्णय होता, आणि तो प्रत्यक्षात सत्यस्वरूप ठरला. फक्त एकुलत्या एका अणूने, अज्ञात अणूने या मूलद्रव्याचा जन्म घोषित केला. पण तो अणु १०१ व्या मूलद्रव्याचा होता का?

अतिशय संवेदनशील अशा रेडियोमापी उपकरणांच्या साहाय्याने या अणूचे अर्धायु ठरविले गेले पण त्याचे रासायनिक स्वरूप ठरविता आले नाही.

सामान्यत: एकुलत्या एका अणूच्या प्रमुख रासायनिक गुणधर्मांचा अभ्यास करणे शक्य आहे काय?

यावेळी वर्णलेखन साहाय्यास येते.

आता आमच्या युक्तिवादाकडे काळजीपूर्वक लक्ष द्या. एकशे एकावे मूलद्रव्य ॲक्टिनाईड कुटुंबाचेच सभासद असले पाहिजे. ॲक्टिनाईडांच्या अनेक गुणधर्मांचे दुसऱ्या एका साध्यर्मी अशा कुटुंबियांशी म्हणजे लँथानाईड गटाशी साम्य आहे. वर्णलेखन पद्धतींपैकी ज्यात आयनांची अदलाबदल होते त्या पद्धतीच्या साहाय्याने लँथानाईडे वेगळी केली गेली. मिश्रणातील अलग अलग लँथानाईडे वेगळी होण्याचा एक निश्चित असा क्रम असून प्रथम जड आणि नंतर हलकी वेगळी होतात.

ॲक्टिनाईड मालिकेत एकशे एकावे मूलद्रव्य, आईनस्टेनिअम (क्र. ९९) आणि फर्मिअम (क्र. १००) यांच्यानंतर येईल. जर आईनस्टेनिअम, फर्मिअम आणि एकशे एकावे मूलद्रव्य रंगलेखन पद्धतीने वेगळी करावयाची ठरविली तर

शेवटच्या नावाचे मूलद्रव्य, रंगलेखनाच्या स्तंभातून येणाऱ्या पहिल्या थेंबांमध्ये यावयास हवे.

मेंदेलेविअम संश्लेषणाचे प्रयोग शास्त्रज्ञानी सतरा वेळा परत परत केले. सतरा वेळा आयन-अदलाबदलाची रंगलेखन पद्धती वापरून या मानव-निर्मित मूलद्रव्याचे रासायनिक स्वरूप निश्चित करण्याचे कष्ट घेतले. प्रत्येक वेळी मेंदेले-विअम अणु, सिद्धांतानुसार ज्या थेंबात यावयास हवा होता, त्याच थेंबात आला. पूर्वी फक्त फर्मिअम आणि आईनस्टेनिअम या थेंबांमध्ये आले होते.

म्हणूनच मेंदेलेविअमचा अणु-अंक १०१ ठरतो आणि गुणधर्मांच्या दृष्टीने ते एक खास ॲक्टिनाईड-वर्गीय ठरते.

अंतिम मर्यादा कोणती ?

जगामध्ये प्रत्येक गोष्टीस अंत आहे. अंत नसेल तर तो या विश्वाला, कारण त्यास सुरुवात नाही, म्हणजे केव्हा झाली असावी ते माहीत नाही आणि त्याचा शेवट कसा व केव्हा हेही ठाऊक नाही. या दृष्टीने सामान्यपणे असे म्हणता येईल की विश्लेषणास निश्चित अशी मर्यादा पडते, त्याबद्दल वादच नाही. एका स्वतंत्र अणूचे रासायनिक स्वरूप जर आपण ठरवू शकलो तर विश्लेषणाची मर्यादा गाठली असे समजण्यास हरकत नाही.

पण आम्हाला जे दिग्दर्शित करावयाचे आहे ते हे नाही. आपल्या या शतकाच्या चौथ्या दशकात म्हणजे सुमारे पन्नासएक वर्षांपूर्वी, मुख्य पदार्थातील अशुद्धता ०.०१ ते ०.००१ टक्के या मर्यादेतील असली तरी रसायज्ञ त्याचे विश्लेषण करू शकत होते व ते साऱ्या बाबतीत समाधानकारक ठरत होते. पण विज्ञान आणि तंत्रविज्ञान एवढ्या अफाट गतीने प्रगती मार्गावर पावले टाकत आहेत की १९६० पूर्वीपासूनच 10^{-12} टक्के प्रमाणातील अशुद्धता ठरविणे आवश्यक ठरू लागले. पण त्यावेळी एवढ्या स्वरूपाचे काटेकोर, सूक्ष्म मोजमाप फक्त वैयक्तिक मूलद्रव्यांबाबतच जरूरी होते. आज मात्र अनेक मूलद्रव्ये

अस्तित्वात आलेली आहेत आणि त्यांची संयुगेही अत्यंत विपूल आहेत, तरीसुद्धा आपण एढे सूक्ष्मातिसूक्ष्म मोजमाप करू शकतो. याचे श्रेय खरोखरीच सक्रियण विश्लेषण पद्धत, वायु-रंगलेखन पद्धत, आणि वस्तुता-वर्णपटीय विश्लेषण पद्धत याना दिले पाहिजे.

अशुद्धता किती मर्यादेपर्यंत ठरवावयाची किंवा विश्लेषणाद्वारे निश्चित करावयाची याची आवश्यकता हळूहळू वाढत जात आहे. सोविएत ॲकॅडेमिशियन इवान पावलोविच अलिमारिन यांच्या मते, पदार्थाच्या शुद्धतेच्या संबंधातील आपली गरज एवढ्या मर्यादेपर्यंत जाणार आहे की पदार्थ अशुद्ध करणाऱ्या केवळ एका अणूचे अस्तित्व शोधून काढण्याची सक्त गरज भासणार आहे, 10^{-23} एवढ्या प्रमाणातील मोजमापाची जरूरी भासणार आहे. हे अति दुष्कर कार्य भौतिकशास्त्रज्ञ आणि रसायनशास्त्रज्ञ यानी सहकार्याने करावयाचे आहे. किरणोत्सार गुणधर्माच्या अणूंपुरताच हा प्रश्न सोडविला गेला आहे. काही मूलद्रव्यांच्या किरणोत्सार अणूंबाबत बोलावयाचे झाल्यास आपण एकच एक अणु निश्चितपणे ठरवू शकतो. परंतु स्थिर स्वरूपांच्या अणूंबाबत आणि त्यांच्या संयुगांबाबत मोजमापाची संवेदनशीलता अंतिम मर्यादेपासून फारच दूर आहे. विश्लेषणाच्या नव्या पद्धतींमार्फत "रिकाम्या जागा भरण्याचे" काम अद्यापी, तुमच्यामधून निर्माण होणाऱ्या कल्पक रसायनशास्त्रज्ञांची वाट पाहत आहे...

स्तिमित करणारी संख्या

शास्त्रज्ञ जी वेळोवेळी आकडेमोड करतात त्यामध्ये पुष्कळदा वेगवेगळे स्थिरांक वापरतात. हे स्थिरांक असे आकडे असतात की जे कोणते तरी विशिष्ट लक्षण किंवा गुणधर्म दाखवितात. अशा एका आकड्याकडे आम्हीं तुमचे लक्ष वेधू इच्छितो.

त्यास ॲव्होगाड्रोचा स्थिरांक असे म्हटले जाते. ॲव्होगाड्रो या सुप्रसिद्ध इटालियन शास्त्रज्ञाने त्याचे मूल्य ठरविले आणि तो प्रचारात आणला. हा स्थिरांक म्हणजे कोणत्याही मूलद्रव्याच्या एक ग्रॅम-अणूमध्ये अणूंची असणारी संख्या.

तुमच्या ध्यानात असेलच की ग्रॅम-अणु संख्या म्हणजे अणुभाराची जी संख्या तेवढ्या ग्रॅम वजनाच्या मूलद्रव्यातील वस्तू. उदाहरणार्थ, कार्बनचा अणुभार १२ (पूर्ण आकडा घेऊ या) आहे म्हणजे कार्बनचा एक ग्रॅम-अणु १२ ग्रॅम ठरतो; लोहाचा अणुभार ५६ आहे म्हणजे लोहाचा एक ग्रॅम-अणु ५६ ग्रॅम तसेच युरेनिअमचा अणुभार २३८ असल्यामुळे त्याचा ग्रॅम-अणु २३८ ग्रॅम आहे

वर ज्या ग्रॅम-अणु संख्या (ग्रॅममध्ये) सांगितल्या त्या प्रत्येकामध्ये अणूंची. संख्या, नेमकी ॲव्होगाड्रोच्या मूल्याएवढी असते. हे मूल्य 6.025×10^{23} अणु, एवढे आहे. म्हणजे १२ ग्रॅम कार्बनमध्ये, १९३ ग्रॅम लोहामध्ये किंवा युरेनिअमच्या २३८ ग्रॅममध्ये प्रत्येकी 6.025×10^{23} अणु असतात. म्हणून तर या संख्येस स्थिरांक म्हटले जाते.

ॲव्होगाड्रोची ही संख्या एवढ्या राक्षसी स्वरूपाची आहे की ती कल्पनाचक्षूंपुढे आणणे केवळ अशक्यच.

पण हे राक्षसी स्वरूप आहे तरी केवढे हे समजावून घेण्याचा थोडा फार प्रयत्न करू या.

या पृथ्वीवरील लोकसंख्या तीन अब्ज आहे असे समजू या. कल्पना करा की या सर्व रहिवाशानी एखाद्या मूलद्रव्याच्या ग्रॅम-अणूतील साऱ्या अणूंची मोजदाद करावयाचे ठरविले. या मोजण्याच्या कामी प्रत्येक व्यक्ती दररोज आठ तास काम करणार असून एकेक आकडा मोजण्यास एक सेकंद लागतो असे गृहित धरू या. थोडक्यात, या सर्वांना 6.025×10^{23} अणु मोजावयाचे आहेत. तर मग पृथ्वीवरच्या सर्व लोकाना एकूण किती वेळ लागेल?

तशी ही आकडेमोड सोपी आहे, तुम्हीसुद्धा करू शकाल. त्यातून असे निष्पन्न होईल की या कामास थोडीथोडकी नाहीत तर २००००००० वर्षे लागतील! फारच थक्क करणारा कालावधी आहे, नाही?

ॲव्होग्राड्रोच्या आकड्याचे प्रचंड स्वरूप हेच दर्शविते की सर्व मूलद्रव्ये सर्वव्यापी आहेत. म्हणूनच, कोणत्याही पदार्थात कोणत्याही मूलद्रव्याचे निदान चारदोन अणु तरी असणारच असे जे विधान केले जाते त्याचा पाया केवढा भक्कम आहे!!

ॲव्होगाड्रोची संख्या एवढी मोठी असल्यामुळेच निर्विवाद शुद्ध असा पदार्थ मिळविण्याचे सारे प्रयत्न व्यर्थ ठरतील. 10^{23} अणूमधला एकुलता एक अणु; तो अशुद्धता आणतो म्हणून वेगळा करणे केवळ अशक्यप्राय आहे, तसे करताना दुसऱ्या एखाद्या पदार्थाची भेसळ होऊ न देण्याची काळजी घेऊन देखील.

हे तर खरेच की एक ग्रॅम लोहात निदान 10^{22} लोह-अणु असणार. त्यामध्ये फक्त एक टक्का (१० मि. ग्रॅ.) तांबे अशुद्ध द्रव्य म्हणून असले तरी त्यामुळे 10^{20} पेक्षा कमी अणु होत नाहीत. हे अशुद्ध द्रव्य जरी एक-दशहजारांश टक्क्यानी कमी केले तरी मुख्य पदार्थाच्या प्रत्येकी 10^{23} अणूंमागे अशुद्ध पदार्थाच्या अणूंची संख्या 10^{16} एवढी होते. जर अशुद्ध द्रव्यात सारी मूलद्रव्ये हजर असली तर त्यामध्ये प्रत्येक मूलद्रव्याचे सरासरी 10^{14} म्हणजे शंभर प्रयुत घन अणु असतील.

रसायनशास्त्राचा चौफेर प्रसार





रसायन विक्री केंद्र

पुन्हा एकदा हिरे

खाणीतून काढलेला पैलू न पाडलेला हिरा कठीणतेच्या बाबतीत सर्व खनिजात, पदार्थात अग्रेसर आहे. आधुनिक अभियांत्रिकीचे जग हिऱ्यांवाचून निष्क्रिय ठरेल.

पैलू पाडलेल्या आणि पॉलिश केलेल्या हिऱ्यास चमकदारपणा आणि तेज याबाबतीत तोड नाही.

जवाहिऱ्यांच्या दृष्टीने निळ्या-करड्या रंगाच्या हिऱ्यास फार मोल असते. ते क्वचितच सापडतात आणि या दुर्मिळतेमुळे त्यांच्या किंमती अफाट असतात. पण रत्न म्हणून वापरल्या जाणाऱ्या हिऱ्यांचे काही फारसे महत्त्व नाही. त्याऐवजी सामान्य दर्जाचे हिरे मोठ्या प्रमाणात आढळले असते तरी चालले असते. म्हणजे मग प्रत्येक छोट्याशा स्फटिकाबद्दल आपणास काळजी करावी लागली नसती.

खेदाची बाब अशी की या पृथ्वीवर हिऱ्याचे साठे फारच कमी असून विपुल साठे तर बोटांवर मोजण्याएवढ्याही संख्येत नाहीत. त्यापैकी एक खाण दक्षिण आफ्रिकेत असून जागतिक उत्पादनापैकी ९० टक्के हिरे या खाणीत मिळतात. सोविएत संघ वगळता हा हिशेब आहे. सुमारे दहा वर्षांपूर्वी सोविएत संघातील याकुतियामध्ये हिऱ्यांचा साठा असणारा विस्तृत प्रदेश सापडला आहे. या ठिकाणी आज हिऱ्यांचे औद्योगिक उत्पादन होत आहे.

निसर्गात हिरे तयार होण्यासाठी असामान्य परिस्थितीची आवश्यकता असते,

म्हणजे प्रचंड प्रमाणात दाब आणि उष्णता हवी. पृथ्वीच्या अगदी खोलवरच्या स्तरात हिरे आढळतात. काही ठिकाणी हिरे असणारे भाग वितळतात व हिऱ्यांसह पृष्ठभागी येतात व घट्ट होतात. पण असे फारच क्वचित घडते.

पण निसर्गाची मदत न घेता आपणास काही करता येणे शक्य होईल काय? मनुष्य हिरे तयार करू शकणार नाही का?

शास्त्रीय जगताच्या इतिहासात कृत्रिमरित्या हिरे तयार करण्याच्या अनेक प्रयत्नांचा उल्लेख आहे. (नशिबाला असा कौल लावणाऱ्यांपैकी हेन्री मॉईसन हा एक होता; त्याने मुक्त असे फ्ल्यूओरिन प्रथम वेगळे करण्याचा मान मिळविला.) पण तसे प्रयत्न करणाऱ्यांपैकी कुणीही यशस्वी होऊ शकले नाहीत. यासाठी जी पद्धत वापरली जाई ती एकतर मुळातच चुकीची असे किंवा दाब आणि उष्णता एकाच वेळी वापरता येईल अशी यंत्रसामग्री उपलब्ध नसे.

या शतकाच्या मध्यासच आधुनिक तंत्रविज्ञान या प्रश्नाबाबत काही तरी मार्ग दाखवू शकले. कृत्रिम हिरे तयार करण्यासाठी कच्चा माल म्हणून अर्थातच ग्राफाईट वापरण्यात आले. ते एकाच वेळी शंभर हजार वातावरणीय दाब आणि सुमारे तीन हजार°अंश तपमानात ठेवले गेले. आज जगातील अनेक देशांमध्ये कृत्रिमरित्या हिऱ्यांची निर्मिती होत आहे. पण या बाबतीत रसायज्ञ इतरांच्या आनंदात केवळ सहभागी होऊ शकतात. या प्रयत्नात त्यांची भूमिका फारच छोटी होती आणि यशाचा बहुतेक सर्व वाटा भौतिकशास्त्रज्ञांकडे जातो.

तथापि, दुसऱ्या एका बाबतीत रसायज्ञानी आपले वैशिष्टच दाखवून दिले, ते म्हणजे हिऱ्यास परिपूर्णता आणण्याच्या कामी.

हिऱ्यास परिपूर्णता आणण्याचे काम? हिऱ्याएवढी आदर्श वस्तु दूसरी कोणती तरी असू शकेल काय? स्फटिकांच्या दुनियेत त्याच्या स्फटिकाएवढी अत्यंत काटेकोर संरचना दुसऱ्या कोणत्याच स्फटिकाची नाही. आदर्शवत अशा भूमितीय रचनेतील कार्बन अणूंमुळेच तर त्यास प्रचंड कठीणता प्राप्त झालेली असते.

हिरे आहेत त्यापेक्षा अधिक कठीण करणे तर शक्य नाही, पण हिऱ्यांपेक्षाही कठीण स्वरूपाचा पदार्थ निर्माण नाही का करता येणार? असा पदार्थ

बनविण्यासाठी आवश्यक असणारा कच्चा माल रसायज्ञनी निर्माण केला आहे.

बोरॉन आणि नायट्रोजन यांचे बोरॉन नायट्राईड नामक संयुग आहे. हिऱ्याप्रमाणे ते 'देखणे' नाही पण त्याचे वैशिष्टय जर कोणते पहावयाचे तर त्याची स्फटिक-रचना, ती अगदी ग्राफाईटप्रमाणेच असते. म्हणून तर "पांढरे ग्राफाईट" या नावाने ते दीर्घकाळ ओळखले जात होते पण त्याच्या पेन्सिली तयार करण्याचा मात्र कुणी प्रयत्न केलेला दिसत नाही.

संश्लेषणमार्गे बोरॉन नायट्राईड तयार करण्याचा एक सोपा मार्ग रसायज्ञाना सापडला. भौतिकशास्त्रज्ञानी हजारो वातावरणीय दाबाखाली व काही हजार तपमानामध्ये त्याच्या चाचण्या घेतल्या. त्यामागचे तर्कशास्त्र फारच सोपे होते. जर "काळया" ग्राफाईटचे हिऱ्यात रूपांतर करता येते तर "पाढऱ्या" रंगाच्या तशाच स्वरूपातील पदार्थापासून हिऱ्यासारखा कठीण पदार्थ तयार करता का करता येऊ नये?

या प्रयत्नातून बोरॅझॉन पदार्थ तयार झाला आणि त्याची कठीणता हिऱ्यापेक्षाही अधिक ठरली! हिऱ्याच्या गुळगुळित पृष्ठभागावर त्याने ओरखडे काढता येतात, जसे काचेवर हिऱ्याने काढता येतात. अति उच्च तपमानास बोरॅझॉन दाद देत नाही आणि तो जाळणे ही काही सोपी गोष्ट नव्हे.



पण बोरॅझॉन खूप महाग आहे. त्यांची किंमत कमी करण्यासाठी काही प्रयत्न करावे लागतील. पण सर्वात महत्त्वाचा भाग केव्हाच सिद्ध झालेला आहे: निसर्गापेक्षा मानव अधिक कर्तृत्ववान आहे हे पुन्हा एकदा सिद्ध झाले.

काही काळापूर्वीच असे माहीत झाले की जपानी शास्त्रज्ञानी हिऱ्यापेक्षा बराच कठीण असा पदार्थ तयार करण्यात यश मिळविले. त्यानी मॅग्नेशिअम सिलिकेट (मॅग्नेशिअम, सिलिकॉन व ऑक्सिजन यांचे संयुग) या संयुगावर, दर चौरस सें. मी. ला १५० टनाएवढा दाब निर्माण केला. काही उघड कारणांसाठी या संश्लेषण-पद्धतीचा गोषवारा प्रसिद्ध करण्यात आलेला नाही. या "कठीणतेच्या सम्राटाचे" नामकरणही झालेले नाही, पण त्याचे महत्त्व नाही. महत्त्वाचे हे की कित्येक शतके ज्या हिऱ्याने कठीणतेच्या बाबतीत आपला पहिला क्रमांक कधीच सोडला नाही त्याचे स्थान नजिकच्या काळात खूपच खाली जाणार आहे.

अगणित रेणु

रबर हा पदार्थ प्रत्येकास ठाऊक आहे. त्याचे चेंडू असतात, पावसाळी बूट असतात, मोटारीच्या धावा रबरीच असतात आणि शल्यकर्म करणाऱ्या डॉक्टरांच्या हातावर रबरी मोजे चढविले जातात. गरम पाण्याची रबरी पिशवी, जलरोधक रेनकोट, प्रयोगशाळांतील रबरी नलिका आणि पाणी वाहून नेणारे रबरी नळ... शेकडो वस्तू रबरापासूनच तयार केल्या जातात.

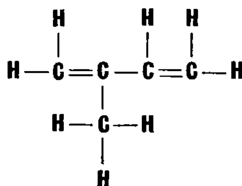
पण रबर आणि रबरी वस्तू यांचे आजकाल शेकडो कारखान्यातून उच्चाटन झाले आहे. काही दशकांपूर्वी साऱ्या वस्तू नैसर्गिक रबरापासून तयार केल्या जात, रबरास त्यावेळी नाव वेगळे होते – काऊटचाऊक. हा शब्द* टुपी भाषेतल्या "काऊ-उचु" म्हणजे "हिवियाचे अश्रू" अशा अर्थी असणाऱ्या शब्दापासून तयार झालेला आहे. हिविया हे एक अत्यंत महत्त्वाचे झाड असून त्याचा चीक रबर तयार करण्यासाठी वापरला जातो.

---

*दक्षिण अमेरिकेत, विशेषतः ॲमॅझॉन नदीच्या खोऱ्यात राहणाऱ्या आदिवासी इंडियन जमातीची टुपी ही बोलीभाषा आहे. – अनु.

अनेक उपयुक्त वस्तू रबरापासून तयार केल्या जातात खऱ्या पण त्याचे उत्पादन अति मेहेनतीचे आहेच शिवाय हिविया झाडे फक्त उष्ण कटिबंधातच वाढतात. या साऱ्या कारणांमुळे औद्योगिक क्षेत्राची सततची वाढती मागणी पुरी करण्यास कच्च्या मालाचे उत्पादन फारच तोकडे पडू लागले.

या ठिकाणी परत रसायनशास्त्र मदतीस धावले. रबर लवचिक, स्थिती-स्थापक कोणत्या कारणांमुळे असते हे शोधून काढण्याचा रसायज्ञानी प्रयत्न केला. "हिवियाच्या अश्रूंचा' दीर्घकाळ अभ्यास करून त्यानी लवचिकपणाचे रहस्य अखेर उलघडले. त्याना असे आढळले की रबराच्या रेणूची संरचना मोठी वैशिष्टयपूर्ण आहे. हा रेणु म्हणजे पुनःपुन्हा आवृत्त होणाऱ्या व एक-सारख्या अशा घटकांच्या गुंफल्या गेलेल्या अति लांबलचक साखळया आहेत. हे खरे की सुमारे पंधरा हजार घटकांचा साखळीरूप रेणु सर्व बाजूनी वेडावाकडा वाकू शकतो व त्यामुळेच लवचिकपणा प्राप्त होतो. असेही निष्पन्न झाले की साखळीचे घटक म्हणजे आयसोप्रेन C_5H_8 हे हायड्रोकार्बन संयुग असून त्याचे संरचनात्मक सूत्र पुढीलप्रमाणे असते :



असे साहजिकपणे म्हणता येईल की आयसोप्रेन हा नैसर्गिक प्रारंभिक एक-वारिक (घटक) होय. या आयसोप्रेन रेणूमध्ये बहुवारिकन क्रियेच्या वेळी किंचितसा बदल होतो : कार्बन अणूमधले द्विबंध मोकळे होतात आणि या मोकळया झालेल्या बंधांच्या साहाय्याने साखळी–घटक एकमेकाना जोडले जाऊन रबराच्या रेणूची भलीमोठी साखळी तयार होते.

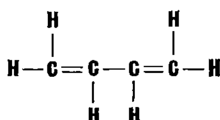
हे ज्ञान होत गेले आणि संश्लेषित रबर तयार करण्याच्या प्रश्नाकडे शास्त्र-ज्ञांचे आणि इंजिनिअरांचे दीर्घकाळ लक्ष वेधले गेले.

हे काम फारसे कठीण नाही असेच प्रथमदर्शनी वाटले. जे काही करावयाचे ते एवढेच की प्रथम आयसोप्रेन संश्लेषित करावयाचे व नंतर ते एकमेकांमध्ये गुंफावयाचे, म्हणजेच बहुवारिकनची क्रिया घडवून आणावयाची, बस्स. त्यातूनच लांबलचक, स्थितीस्थापक साखळया असणारा पदार्थ म्हणजेच कृत्रिम रबर निर्माण होते.

पण प्रत्यक्षात निराशाच पदरी पडली. रसायज्ञानी थोडचाफार अडचणीना तोंड देऊन आयसोप्रेन तर संश्लेषित केले पण जेव्हा त्यांच्या बहुवारिकन क्रियेची वेळ आली तेव्हा रबर काही तयार झाले नाही. आयसोप्रेन घटक एकमेकांशी गुंफले गेले खरे पण सुसूत्र पद्धतीने नव्हे तर अति बेशिस्तपणे, आणि त्यामुळे जो पदार्थ तयार झाला तो रबराशी फारच थोडचा प्रमाणात मिळताजुळता पण अनेक बाबतीत विरुद्ध गुणधर्माचाच ठरला.

रसायज्ञाना मग क्रमवार पद्धतीनेच आयसोप्रेन घटक गुंफले जाण्याचे तंत्र शोधून काढणे भाग पडले.

औद्योगिक कामासाठी उपयोगी पडणारे पहिले संश्लेषित रबर सोविएत संघामध्ये शोधले गेले. ॲकॅडेमीशियन सेर्गेई वासील्येविच लेबेदेव यानी, साखळयांच्या घटकांसाठी ब्युटाडाएन हा वेगळाच पदार्थ वापरला. त्याचे संरचनात्मक सूत्र पुढीलप्रमाणे आहे :



आयसोप्रेनच्या संरचनेशी व घटकद्रव्यांशी ते खूपच मिळतेजुळते आहे, पण पण त्याची बहुवारिकन क्रिया नियंत्रित करणे अधिक सोपे जाते.

आजकाल संश्लेषित रबर-प्रकारांची संख्या मोठी असून नैसर्गिक रबरापासून ते वेगळे असल्याचे दर्शविण्यासाठी इलॅस्टोमर या नावाने ते ओळखले जातात.

नैसर्गिक रबर व त्यापासून तयार करण्यात आलेल्या वस्तू यात टिकाऊ



गुणधर्मांचा पुष्कळच अभाव असतो. उदाहरणार्थ, ते तैलपदार्थ व मेदपदार्थांच्या सान्निध्यात फुगते, अनेक ऑक्सिडंट पदार्थांबाबतचा त्यांचा टिकाऊपणा हलक्या दर्जाचा असतो. (विशेषत: ओझोनच्या बाबतीत, त्याचा काहीना काही अंश हवेत असतोच.) नैसर्गिक रबरापासून तयार करण्यात येणाऱ्या वस्तूंचे यासाठी व्हल्कनीकरण ऊर्फ गंधकीकरण करणे जरूरी गंधकाबरोबर उच्च तपमानात तापविले जाते. अशा प्रकारे कच्चे रबर टिकाऊ, उपयुक्त रबरामध्ये, एबोना-

ईटमध्ये रूपांतरित केले जाते. (सुमारे ३० टक्के गंधक संयोगित स्वरूपात असणाऱ्या रबरास एबोनाईट म्हणतात.) नैसर्गिक रबरापासून तयार करण्यात आलेल्या मोटारींच्या धावा ऊर्फ टायर्स वापरात असते वेळी मोठ्या प्रमाणात ऊष्णता निर्माण करतात आणि परिणामी त्यांची निरूपयोगिता व झीज झपाट्याने वाढत जाते.

अशा अनेक कारणांसाठी, अधिक चांगले गुणधर्म असणारे नवनवे संश्लेषित रबर-प्रकार शास्त्रज्ञाना शोधणे भाग आहे. उदाहरणार्थ, 'ब्युना' या नावाने रबर-प्रकारांचा एक गट ओळखला जातो. 'ब्यूटाडाईन' व 'नेट्रिअम' (सोडियम या अर्थी लॅटिन शब्द) या दोन शब्दांच्या आद्याक्षरांपासून 'ब्यूना' शब्द तयार केला गेला. बहुवारिकन क्रियेत सोडियम उत्प्रेरकाचे काम करतो. या कुटुंबातील काही सभासद ऊर्फ इलॅस्टोमर फारच उत्कृष्ट दर्जाचे असून वाहनांच्या धावांसाठी त्यांचा खासकरून उपयोग होतो.

विशेष महत्त्वाचा असा एक इलॅस्टोमर-प्रकार म्हणजे ब्यूटिल रबर होय. आयसोब्यूटेन आणि आयसोप्रेन यांच्या जोड-बहुवारिकन क्रियेमार्गे ते संश्लेषित केले जाते. त्याचा पहिला विशेष गुणधर्म म्हणजे ते सर्वात स्वस्त रबर आहे. दुसरे वैशिष्टय हे की नैसर्गिक रबराच्या तुलनेने ओझोनला ते मुळीच दाद देत नाही, याखेरिज, गंधकीकरण केलेले ब्युटिल रबर, हीच क्रिया केलेल्या नैसर्गिक रबरापेक्षा, हवेच्या परिणामास दसपट अधिक रोधक असते. म्हणूनच वाहनांचे टायरट्यूब बनविण्याच्या कामी ते अतिशय मोठ्या प्रमाणात वापरले जाते.

पॉलियुरेथेनवर्गीय रबर-प्रकार असेच महत्त्वाचे आहेत. त्यांची ताणशक्ती अत्यंत उच्च दर्जाची असून ते निरूपयोगी कधीच ठरणार नाही एवढे दीर्घकाळ टिकतात. गाद्यागिरद्यांसाठी जो सच्छिद्र रबर-प्रकार वापरला जातो त्यासाठी पॉलियुरेथेन रबर ऊर्फ इलेस्टोमर वापरले जाते.

आज असे काही रबर-प्रकार शोधण्यात आले आहेत ज्यांची पूर्वी कल्पना करणेही शक्य नव्हते. हे इलॅस्टोमर प्रकार, कार्बन-सिलकॉन ऊर्फ ऑर्गानोसिलिकॉन आणि फ्ल्युओरोकार्बन संयुगांवर आधारलेले आहेत. त्यांची उष्णतारोधकता,

नैसर्गिक रबराच्या दुप्पट आहे. ते ओझोन-परिणाम रोखणारे तर आहेतच पण फ्ल्युओरोकार्बन संयुगांवर आधारलेले रबर-प्रकार तर वाफाळ सल्फ्युरिक व नैट्रिक आम्लाच्या परिणामासही दाद देत नाहीत.

पण हे इलॅस्टोमर-पुराण एवढ्यावरच संपत नाही. त्यात आणखी एका प्रकाराची भर पडली आहे आणि ती म्हणजे कार्बोक्सिलयुक्त रबर-प्रकारांची. ब्युटाडाएन व कार्बनी आम्ले यांचे ते सहबहुवारिक प्रकार आहेत. त्यांची ताण-शक्ती अतिउच्च दर्जाची असते.

या साऱ्या विवेचनावरून अगदी उघड होते की या क्षेत्रातही मानव निसर्गापेक्षा श्रेष्ठ ठरला आहे.

चिवट कातड्याखालचे कठीण हृदय

कार्बनी रसायनशास्त्रात हायड्रोकार्बन संयुगांचा एक वर्ग आहे. नावाप्रमाणेच त्यांचे स्वरूप आहे. त्यामध्ये हायड्रोजन आणि कार्बन यांचेच काय ते अणु असतात, तिसरे कोणतेही नाहीत. त्यांची अगदी उत्तम प्रकारे ठाऊक असलेली दोन उदाहरणे म्हणजे मीथेन व पेट्रोलिअम. नैसर्गिक वायूपैकी ९५ टक्के भाग मीथेनचा असतो आणि पेट्रोलिअमपासून पेट्रोलच्या विविध प्रती, वंगण-तेले आणि कितीतरी महत्त्वाच्या पदार्थांचे उत्पादन केले जाते.

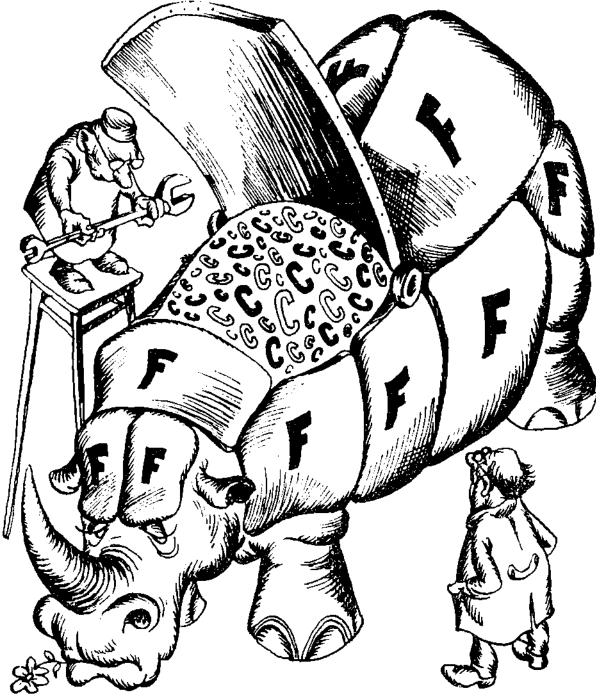
मीथेन CH_4 यासारखे अगदी साध्या स्वरूपाच्या हायड्रोकार्बनचे उदाहरण घ्या. मीथेनमधल्या हायड्रोजन अणूंऐवजी ऑक्सिजनचे अणु वापरले तर? तर आपणास CO_2 ऊर्फ कार्बन डायॉक्साईड मिळेल. सल्फर ऊर्फ गंधकाचे अणु वापरल्यास बाष्पनशील आणि विषारी असा कार्बन डायसल्फाईड नामक द्राव मिळतो. हायड्रोजनच्या सर्वच्या सर्व अणूंऐवजी क्लोरिनचे अणु वापरले तर चांगले परिचित असे कार्बन टेट्राक्लोराईड मिळेल. पण क्लोरिनच्या ऐवजी फ्ल्युओरिनच्या अणूंचा वापर केला तर?

सुमारे तीसएक वर्षांपूर्वी, या प्रश्नाचे सुस्पष्ट उत्तर बहुधा कुणालाच देता

आले नसते. पण आपल्या काळात फ्ल्युओरोकार्बन संयुगांचे रसायनशास्त्र म्हणजे एक स्वतंत्र स्वरूपाची शाखा ठरली आहे.

फ्ल्युओरोकार्बन आणि हायड्रोकार्बन संयुगे यांचे भौतिक गुणधर्म एकमेकांशी जुळणारे आहेत. पण ही झाली केवळ समान गुणधर्मांची बाब. हायड्रोकार्बनच्या संदर्भात फ्ल्युओरोकार्बन संयुगे अतिशय अक्रियाशील प्रवृत्तीची आहेत. शिवाय ती उत्कृष्ट उष्णतारोधकही आहेत. म्हणून "कठीण हृदयाचे आणि गेंड्याचे चिवट कातडे असणारे" असे त्यांचे सार्थ वर्णन केले जाते.

हायड्रोकार्बन संयुगांच्या तुलनेने या संयुगांच्या अंगी जे स्थैर्य आढळते (आणि



इतर कार्बनी संयुगांच्या मानानेही) त्याचे रासायनिकदृष्टचा असणारे कारण सांगण्यास सोपे आहे. हायड्रोजन अणूपेक्षा फ्ल्युओरिनचे अणु बरेच मोठे असतात ; त्यामुळे ज्या कार्बन अणूंसभोवती ते असतात त्यांचा इतर प्रक्रियाशील अणूंशी ते संबंध येऊ देत नाहीत. दुसरे असे की फ्ल्युओरिनच्या अणूंचे आयनात रूपांतरण झाल्यावर आपल्या इलेक्ट्रॉनचा त्याग करण्यास ते अतिशय नाखूष असतात आणि इतर अणूंशी प्रक्रिया पावणे त्याना अजिबात "आवडत नाही." आपणास ठाऊक आहेच की फ्ल्युओरिन हे अत्यंत त्रियाशील असे अ-धातुवर्गीय मूलद्रव्य आहे, आणि जवळजवळ कोणताच अ-धातु त्याच्या आयनाचे ऑक्सिडिकरण करणारा (म्हणजे त्यातील इलेक्ट्रॉन दूर करणारा) नाही. येथे हेसुद्धा ध्यानात घेतले पाहिजे की कार्बन-कार्बन बंध हा स्वतःच अतिशय स्थिरस्वरूपी असतो.

या त्याच्या अंगभूत अक्रियाशीलतेमुळे फ्ल्युओरोकार्बन संयुगांच्या वापराचे क्षेत्र अतिशय व्यापक झालेले आहे. टेफ्लॉन नामक फ्ल्युओरोकार्बन संयुगाचेच उदाहरण घ्या. टेफ्लॉन ३०० अंश सें. तपमानात टिकू शकते आणि सल्फ्युरिक, नायट्रिक, हायड्रोक्लोरिक आणि इतर काही आम्लाना दाद देत नाही. उकळत्या अल्क पदार्थांचे परिणाम ते रोखून धरते आणि ज्ञात अशा सर्व कार्बनी व अकार्बनी द्रावकांमध्ये विरघळत नाही.

फ्ल्युओरोप्लॅस्टिकना कधी कधी 'कार्बनी प्लॅटिनम' असे जे म्हटले जाते ते उगाचच नव्हे. रासायनिक प्रयोगशाळांतील विविध पात्रांसाठी आणि रासायनिक उद्योगक्षेत्रातील अनेक प्रकारच्या उपकरणांच्या निर्मितीसाठी ते एक उत्कृष्ट साहित्य आहे. त्याच्या नळ्या (पाईप) तर कितीतरी विविध कामांसाठी वापरल्या जातात. जर प्लॅटिनम एवढे महागडे नसते तर आज फ्ल्युओरोप्लॅस्टिकने जागा घेतलेल्या कितीतरी बाबतीत प्लॅटिनमच वापरले गेले असते. तुलनात्मकदृष्टचा फ्ल्युओरोप्लॅस्टिकचे प्रकार निश्चितच स्वस्त आहेत.

साऱ्या जगात फ्ल्युओरोप्लॅस्टिक एवढा निसरडा दुसरा पदार्थ नसेल. टेबलावर फ्ल्युओरोप्लॅस्टिकचा पापुद्रा अक्षरशः घरंगळत खाली पडेल. फ्ल्युओरोप्लॅस्टिकपासून तयार केल्या जाणाऱ्या धारव्याना ऊर्फ बेरिंगना वंगणाची जरूरी

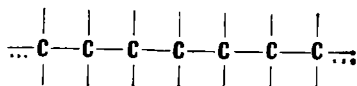
अशी नसतेच. अखेर एक सांगावयाचे म्हणजे फ्ल्युओरोप्लॅस्टिक ही अत्युत्कृष्ट विद्युत्‌निरोधक असून चांगली उष्णतारोधकही आहेत. फ्ल्युओरोप्लॅस्टिकचे रोधक साहित्य ४०० अंश सें. उष्णता सहन करू शकते आणि हे तपमान शिशाच्या वितळण बिंदूपेक्षाही जास्त आहे.

मानवनिर्मित साहित्यापैकी फ्ल्युओरोप्लॅस्टिक पदार्थ हे एवढे वैशिष्ट्यपूर्ण आहेत.

द्रवरूप फ्ल्युओरोकार्बन संयुगे अ-ज्वलनशील असून ती अति कमी तपमानात गोठतात. बुरशी ग्रेण्याची किंवा ते कीटकांकडून खाल्ली जाण्याची भीती तर अजिबात नसते आणि ती गंजप्रवृत्तीना उत्तम प्रकारे रोखणारी आहेत.

कार्बन आणि सिलिकॉनचा मिलाफ

निसर्गात अशी दोन मूलद्रव्ये आहेत जी आपले स्थान खास स्वरूपाचे असल्याचा दावा करतात. त्यापैकी एक म्हणजे कार्बन. ते तर साऱ्या सजीवांचा पायाच आहे. त्याचा दावा योग्यच म्हटला पाहिजे कारण त्याचे अणु एकमेकांशी घट्टपणे बंधित होतात व पुढीलप्रमाणे साखळीसदृश संयुगे तयार करतात:



दुसरे मूलद्रव्य म्हणजे सिलिकॉन. ते साऱ्या अ-कार्बनी स्वरूपाचा आधार-स्तंभ आहे. पण कार्बन अणूंप्रमाणे सिलिकॉनचे अणु लांबलचक साखळ्या तयार करू शकत नाहीत. शिवाय, सिलिकॉनची निसर्गात आढळणारी संयुगे, कार्बन संयुगांपेक्षा कमीच आहेत. इतर मूलद्रव्यांच्या तुलनेने मात्र सिलिकॉन-संयुगे कितीतरी अधिक आहेत.

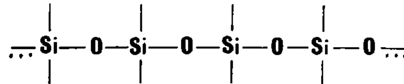
सिलिकॉनमधील ही कमतरता भरून काढण्याचे शास्त्रज्ञानी ठरविले. हे खरे की कार्बनप्रमाणेच सिलिकॉनही चतु:संयुजी आहे. सिलिकॉन अणूंमधले बंध



हे कार्बन अणूमधल्या बंधांपेक्षा कमजोर आहेत हे जरी सत्य असले तरी या उणीवेची आपल्या कमी स्वरूपाच्या अक्रियाशीलतेमार्फत सिलिकॉन भरपाई करते.

कार्बनची जशी कार्बनी संयुगे आहेत तद्वतच सिलिकॉनची सिलिकॉनी संयुगे जर निर्माण करता आली तर काय बहार येईल ! केवढ्या आश्चर्यकारक गुणधर्मांची ती असतील . . .

सुरुवाती सुरुवातीस शास्त्रज्ञ कमनशिबीच ठरले. एवढे खरे की सिलिकॉ नची अशी संयुगे शक्य आहेत की ज्यांच्या अणूंमध्ये सिलिकॉन व ऑक्सिजन एकाआड एक याप्रमाणे असतील :



पण ही संयुगे स्थिरस्वरूपी नाहीत. पण शास्त्रज्ञानी जेव्हा सिलकॉन अणूंचा आणि कार्बन अणूंचा मिलाफ घडवून आणण्याचे ठरविले तेव्हा यशाची पहिली पायरी त्यानी ओलांडिली. अशी संयुगे आजकाल ऑर्गॅनोसिलिकॉन अथवा सिलकॉन संयुगे या नावानी ओळखली जातात. त्यांच्या अंगी खरोखरच मोठे अद्वितीय गुणधर्म आहेत. अनेक सिलिकॉन रेझिने प्रचारात आली असून पुढे त्यांच्यापासून अनेक प्लॅस्टिक-प्रकार तयार केले जातात उच्च तपमानास दीर्घकाळ टिकून राहणे हे त्यांचे एक वैशिष्टच होय. काही सिलिकॉन रबर-प्रकार ऊर्फ इलॅस्टोमर-प्रकार तर ३५० अंश से. तपमानात टिकून राहतात. अशा रबरापासून तयार केलेल्या टायरची कल्पनाच किती आकर्षक आहे.

कोणत्याही कार्बनी द्रावकात सिलकॉन रबर अजिबात फुगत नाहीत. म्हणूनच त्यांचा तेलवाहक नळांसाठी मोठ्या प्रमाणात उपयोग होतो.

काही सिलिकॉन संयुगे अशी आहेत की तपमानाच्या विस्तृत मर्यादेतसुद्धा त्यांच्या विष्यंदिता गुणधर्मात (प्रवाहीपणाच्या गुणधर्मात) अजिबात बदल होत नाही म्हणूनच त्यांचा वंगण म्हणून चांगला उपयोग होतो. अंटार्क्टिक व सहारा प्रदेशात जाणाऱ्या विमानामध्ये सिलकॉन वंगणतेले याच कारणासाठी वापरतात. या पदार्थांची कमी प्रतीची बाष्पनशीलता आणि उच्च उकळण बिंदू या वैशिष्टयांमुळे सिलकॉन द्रवपदार्थांचा उच्च निर्वाती पंपासाठी विशेष वापर केला जातो.

ऑर्गॅनोसिलिकॉन संयुगांचा आणखी एक खास गुणधर्म म्हणजे ती जलरोधक आहेत, ती पाणी शोषून घेत नाहीत व त्यामुळे सुती कापडाप्रमाणे ओली होत नाहीत. साहजिकच जलरोधक कापड तयार करण्यासाठी ती वापरली जातात. त्यांच्या जलरोधकतेचा एवढाच उपयोग नाही. मोठमोठ्या बांधकाम-प्रकल्पांवर घेतलेल्या चाचण्या असे दर्शवितात की बांधकामाचे संरचनात्मक भाग सिलिकॉन द्रव पदार्थांनी संसेचित करणे (थर देणे) फार फायदेशीर ठरते.

सिलिकॉन संयुगांवर आधारलेली लुकणे ऊर्फ एनॅमल प्रकार अलिकडेच विकसित करण्यात आले आहेत. ते चांगले टिकाऊ आणि उष्णतारोधक असतात. तांब्याच्या किंवा लोखंडी पत्र्यांवर त्यांचे थर दिल्यास ८०० अंश सें. तपमानात कित्येक तास ते तापविले तरी खराब होत नाही.

कार्बन आणि सिलिकॉन यांच्या मिलाफाची ही तर निव्वळ नांदी आहे. केवळ कार्बन आणि सिलिकॉनच्याच मिलाफावर शास्त्रज्ञ समाधानी नाहीत तर त्यांच्यासह इतर प्रकारच्या अणूंचा पण मिलाफ त्याना हवा आहे; म्हणजेच ऑर्गॅनोसिलिकॉन संयुगांमध्ये ॲल्युमिनिअम, टायटॅनिअम किंवा बोरॉन यांचेही रेणु गुंफावयाचे आहेत. रसायज्ञांचा हा प्रयत्नही यशस्वी झाला आणि त्यामधून पदार्थांचा एक अगदी नवा वर्ग निर्माण झाला. हे पदार्थ 'पॉलिऑर्गॅनोमेटलो-सिलोक्सेन' संयुगे या भारदस्त नावानी प्रसिद्ध आहेत. या बहुवारिक पदार्थातील

माखंळ्या वेगवेगळ्या घटकानी मिळून तयार झालेल्या असणे शक्य आहे जसे – सिलिकॉन – ऑक्सिजन – अॅल्युमिनिअम ; सिलकॉन – ऑक्सिजन – टायटॅनिअम ; सिलिकॉन – ऑक्सिजन – बोरॉन. अशी संयुगे ५००-६०० अंश तपमानास वितळत असल्यामुळे या बाबतीत ती अनेक धातूंशी चांगली स्पर्धा करतात.

फार जुनी नाही अशी एक ताजी वार्ता आहे की जपानी शास्त्रज्ञ २००० अंश से. तपमानात टिकतील असे बहुवारिक पदार्थ तयार करण्यात यशस्वी ठरले आहेत. त्यातला सत्यासत्यतेचा भाग जरी सोडून दिला तरी एवढे खरे की ते अशक्य मात्र नाही. अद्ययावत तांत्रिक पदार्थांच्या लांबलचक यादीत "उष्णतारोधक बहुवारिक पदार्थ" यांचे बरेचसे वरचे स्थान आज ना उद्या निश्चित आहे.

चाळण्यांचा खास प्रकार

या चाळण्या खरोखरीच मोठ्या असामान्य रचनेच्या आहेत. त्या म्हणजे अनेक वेधक गुणधर्मांचे असे कार्बनी रेणु होत. त्यांचा पहिला वेधक गुणधर्म हा की इतर अनेक प्लॅस्टिक प्रकारांप्रमाणेच ते पाण्यात आणि कार्बनी द्रावकात न विरघळणारे आहेत. दुसरे वैशिष्टय हे की ते आयन-उत्पादक गटातील आहेत. असे गट द्रावकात (विशेषत: पाण्यात) वेगवेगळ्या प्रकारातील आयन उत्पादित करू शकतात आणि असे पदार्थ विद्युत् अपघटनी पदार्थ म्हणून ओळखले जातात.

त्यांच्यातील हायड्रोजन आयनाची जागा एखाद्या धातूद्वारे घेतली जाते, आणि अशा प्रक्रियेस आयन विनिमय म्हणजेच आयनांची अदलाबदल होण्याची प्रक्रिया असे म्हटले जाते.

त्यानुसार, या खास संयुगाना आयन विनिमयकारक पदार्थ असे रास्त नाव मिळालेले आहे. जे कॅटायनांशी (घनप्रभारित आयनांशी) आंतरप्रक्रिया पावू शकतात त्याना कॅटायन विनिमयकारक पदार्थ असे म्हटले जाते, तर जे अॅनाय-

नांशी (ऋणप्रभारित आयनांशी) आंतरप्रक्रिया पावू शकतात त्याना ॲनायन विनिमयकारक असे म्हटले जाते. पहिल्या आयन विनिमयकारक संयुगाचे संश्लेषण या शतकाच्या तिसऱ्या दशकाच्या मध्यास केले गेले आणि त्यास सर्वत्र मान्यता मिळाली. यात आश्चर्य वाटण्याचे कारण नाही; आयन विनिमयकांच्या साहाय्याने दुष्फेन पाणी (साबणाचा फेस न होणारे पाणी) सुफेन (साबणाचा फेस सहजगत्या होणारे) पाण्यात रूपांतरित करता येते. तसेच क्षारजलाचे (उदा. समुद्रजलाचे) गोड्या पाण्यातही रूपांतर करता येते.

कल्पना करा की दोन स्तंभ आहेत, एकात कॅटायन विनिमयकारक संयुग भरलेले आहे तर दुसऱ्यात ॲनायन विनिमयकारक पदार्थ भरलेला आहे. आपणास खाण्याचे मीठ मिसळलेले पाणी शुद्ध (मीठ विरहित) करावयाचे आहे. हे पाणी प्रथम आपण कॅटायन विनिमयाच्या स्तंभातून नेऊ या. त्यामध्ये साऱ्या सोडियम आयनांची जागा हायड्रोजन आयन घेतील, त्यामुळे या पाण्यात असणाऱ्या सोडियम क्लोराईडची जागा हायड्रोक्लोरिक आम्ल घेईल, पाणी हायड्रोक्लोरिक आम्लयुक्त होईल. त्यानंतर हे पाणी ॲनायक विनिमय संयुग असणाऱ्या स्तंभातून नेले जाईल. ते जर हायड्रोक्सिल स्वरूपात असेल (म्हणजे अदलाबदल करू शकणारे ॲनायन जर हायड्रोक्सिल आयन असतील) तर द्रावणातील सर्व क्लोराईड आयनांच्या जागा हायड्रोक्सिल आयन घेतील. तत्क्षणी, मोकळया अशा हायड्रोजन आयनांशी हायड्रोक्सिल आयन संयोग पावतील व पाण्याचे रेणु तयार होतील. ज्या पाण्यात पूर्वी सोडियम क्लोराईड (खाण्याचे मीठ) होते ते आयन विनिमय पदार्थांच्या स्तंभातून नेले असता पूर्णतया क्षारविरहित स्वरूपात मिळते. हे पाणी, उर्ध्वपातन क्रियेमार्फत मिळणाऱ्या पाण्यापेक्षा कोणत्याही प्रकारे कमी दर्जाचे नसते.

तथापि, केवळ पाणी क्षारविरहित करता येते म्हणून काही या आयन विनिमय पद्धतीचा बोलबाला झाला असे नाही. असेही दिसून आले की आयन विनिमयाची पद्धत, वेगवेगळया तीव्रतेचे वेगवेगळे आयन धरून ठेवते. लिथिअमचे आयन, हायड्रोजन आयनांपेक्षा अधिक त्वरेने धरले जातात. सोडियम आयनां-



पेक्षा पोटॅशिअम आयन आणि पोटॅशिअमपेक्षा रूबिडिअम आयन अधिक त्वरेने टिकवून धरले जातात. धातु वेगळे करण्याचा सोपा मार्ग आयन विनिमय पद्धतीमुळे उपलब्ध होतो आजकाल औद्योगिक क्षेत्राच्या विविध शाखांमध्ये आयन विनिमय पद्धतींचा मोठा महत्त्वपूर्ण वापर केला जातो. उदाहरणार्थ, फोटोच्या काचा व फिल्म वापरून झाल्यानंतर त्यातील मौल्यवान रूप्याचा अंश मिळविण्याची योग्य अशी पद्धत बराच काळ उपलब्ध नव्हती ही समस्या अखेर आयन विनिमय पद्धतीमार्गेच सुटली.

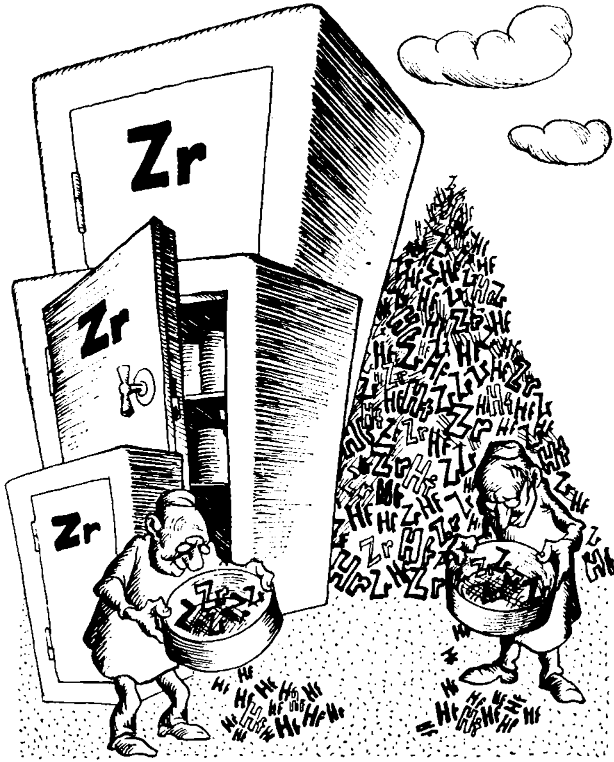
तर मग, समुद्रजलात विरघळलेल्या अनेक अमूल्य धातूचे उत्पादन या पद्धतीद्वारे करणे आपणास कधीकाळी शक्य होईल काय? जरूर शक्य होईल. समुद्रजलात जरी वेगवेगळे क्षारपदार्थ मोठ्या प्रमाणात विरघळलेले असले तरी त्यातील नेमके मौल्यवान धातु (प्लॅटिनम, सोने, इ.) मिळविणे ही कामगिरी भविष्य काळात नक्कीच पार पाडली जाईल.

याबाबतची आजची अडचण अशी आहे की कॅटायन विनिमय-पदार्थांच्या स्तंभातून समुद्रजल नेले असता त्यातील क्षार पदार्थ, अल्प प्रमाणात असणाऱ्या मौल्यवान धातूंच्या स्तंभामध्ये निक्षेप होण्यास प्रत्यक्षात अडथळा आणतात. तथापि, अलिकडेच इलेक्ट्रॉन-विनिमय करू शकणारी रेझिन संयुगे संश्लेषित करण्यात आली आहेत. द्रावणात असणाऱ्या धातु-आयनांबरोबर ते आपल्या आयनांची केवळ अदलाबदलच करतात असे नसून इलेक्ट्रॉन प्रदान करून धातूंचे क्षपण करतात. याबाबत अलिकडेच घेतलेल्या चाचण्यामधून असे निष्पन्न झाले की रूपे असणारे द्रावण जर अशा रेझिनच्या स्तंभातून नेले तर रूप्याच्या निव्वळ आयनांच्या ऐवजी धातुरूप रूपेच रेझिनवर साचू लागते आणि हा गुणधर्म बराच काळ टिकतोही. अशा प्रकारे, इलेक्ट्रॉन विनिमय रेझिन संयुगांच्या साहाय्याने भविष्यकालात शुद्ध धातु मिळविले जातील याबाबत शंकाच नाही.

रासायनिक चिमटे

एक जुना विनोद असे सांगतो की वाळवंटात असलेला सिंह पकडण्याइतके दुसरे सोपे काम नाही. वाळवंटात फक्त वाळू आणि सिंह असल्यामुळे एक चाळणी घेऊन वाळू चाळली की सिंह आपोआपच चाळणीत सापडतो. आहे की नाही सोपे काम?

पण ज्यांचा काहीच उपयोग नाही अशा विपूल पदार्थामध्ये जर मौल्यवान मूलद्रव्ये असतील तर कोणती चाळणी वापरावयाची? अथवा एखाद्या पदार्थातील अल्पसे अशुद्ध द्रव्य वेगळे करणे आवश्यक असेल तर?



ही समस्या काही नवी नाही. अणुभट्टींमध्ये जे झिर्कोनिअम वापरावयाचे असते त्यामध्ये, एक-दशहजारांश प्रतिशत पेक्षा जास्त हाफ्निअम असून चालत नाही. नेहमीच्या झिर्कोनिअममध्ये हाफ्निअमचे प्रमाण सुमारे दोन-दशांश टक्के आढळते.

हाफ्निअम आणि झिर्कोनिअम यांच्या रासायनिक गुणधर्मात एवढे साम्य आहे की नेहमीच्या सर्वसाधारण विश्लेषण पद्धती कुचकामी ठरतात. आपण

ज्या अप्रतीम अशा रासायनिक चाळण्यांबद्दल बोललो त्यासुद्धा या बाबतीत हात टेकतात. तरीसुद्धा झिर्कोनिअम शुद्धावस्थेतील हवेच हवे...

अनेक वर्षे रसायज्ञानी एका साध्यासोप्या सूत्राचा आधार घेतला होता: "समानधर्मीय पदार्थ समानधर्मीयातच विरघळतात." अकार्बनी संयुगे अकार्बनी द्रावकात अगदी चट्कन विरघळतात आणि कार्बनी संयुगे कार्बनी द्रावकात. खनिज आम्लांचे अनेक क्षार पाण्यात चांगल्याप्रकारे विरघळतात – निर्जल फ्ल्यु-ओरिक आम्ल, द्रवरूप हायड्रोसायानिक (प्रुसिक) आम्ल ही उदाहरणे पुरी आहेत. कित्येक कार्बनी पदार्थ, कार्बनी द्रावकांमध्ये ऊर्फ बेंझिन, अॅसेटोन, क्लोरोफॉर्म, कार्बन डायसल्फाईड आणि इतर द्रावकांमध्ये बऱ्याच सहजतेने विरघळतात.

पण जो पदार्थ कार्बनी आणि अकार्बनी यांच्या मधल्या स्वरूपात असतो त्याबाबत काय अनुभव येतो? अशा संयुगांची रसायज्ञाना बऱ्यापैकीमाहिती आहे. उदाहरणार्थ क्लोरोफिल या कार्बनी संयुगात मॅग्नेशिअमचे अणु असतात. अनेक कार्बनी द्रावकात ते चांगल्या प्रकारे विरघळते. निसर्गास ठाऊक नसलेली अशी अनेक कार्बनधात्विक संयुगे संश्लेषित करण्यात आली आहेत. त्यापैकी अनेक कार्बनी द्रावकात विरघळणारी असून त्यांची द्रावणीयता, त्यामध्ये जो धातु असतो त्यावर अवलंबून असते.

नेमक्या याच वस्तुस्थितीचा फायदा घेण्याचे रसायज्ञानी ठरविले.

अणुभट्टीमध्ये, वापरल्या गेलेल्या युरेनिअमचा साखा वेळोवेळी बदलावा लागतो. त्यामध्ये आलेले अशुद्धतेचे (युरेनिअमच्या विखंडनातून निर्माण झालेले कण) प्रमाण बहुधा एक-हजारांश टक्क्यांपेक्षा जास्त नसते, तरीसुद्धा बदलणे जरूरी असते. हा साखा प्रथम नायट्रिक आम्लात विरघळविण्यात येतो. केंद्रकीय रूपांतरणातून निर्माण झालेले धातु आणि खुद्द युरेनिअम यांची त्यामुळे नायट्रेट संयुगे बनतात. यावेळी झेनॉन आणि आयोडिनसारखी काही अशुद्ध द्रव्ये आपोआपच वेगळी होऊन वायुरूपात किंवा बाष्परूपात नाहीशी होतात. कथीलासारखी इतर अशुद्ध द्रव्ये साख्यातच राहतात. यामधून जे द्रावण मिळते

त्यात युरेनिअमसह अनेक अशुद्ध द्रव्ये, विशेषतः प्लूटोनिअम, दुर्मिळ मृद्धातु, टेक्निशिअम व इतरही पदार्थ आलेलेच असतात. अशा वेळी जर कुणाची मदत घेतली जात असेल तरी ती कार्बनी पदार्थांची. युरेनिअमचे नायट्रिक आम्लातील अशुद्धसे द्रावण, ट्रायब्यूटिल फॉस्फेट या कार्बनी संयुगाच्या द्रावात मिसळले जाते. या टप्प्यात जवळजवळ सर्वच्या सर्व युरेनिअम कार्बनी प्रावस्थेत जाते तर अशुद्ध द्रव्ये नायट्रिक आम्लाच्या द्रावातच राहतात. या पद्धतीस निष्कर्षण असे म्हटले जाते. अशा दोन वेळा करण्यात आलेल्या निष्कर्षणातून मिळणारे युरेनिअम जवळजवळ पूर्णपणे अशुद्धतेपासून मुक्त झालेले असते व अणुभट्टीत पुन्हा वापरण्यास योग्य ठरते. वरील क्रियेमध्ये जी अशुद्ध द्रव्ये निष्कर्षित झालेली असतात ती वेगवेगळी करून अत्यंत महत्त्वाची अशी प्लूटोनिअम व काही किरणोत्सारी समस्थानिके स्वतंत्रपणे मिळविली जातात.

औद्योगिक क्षेत्रात निष्कर्षण पद्धतीचा अनेक ठिकाणी वापर होतो. केवळ अकार्बनी संयुगे शुद्ध करण्यासाठी नव्हे तर कित्येक कार्बनी संयुगे, विशेषतः जीवनसत्त्वे, मेदद्रव्ये आणि अल्कलॉईड द्रव्ये (शेवटी – ine (आईन) पद असणारी) शुद्ध करण्यासाठी ही निष्कर्षण पद्धत वापरली जाते.

पांढऱ्या ॲप्रनमधील रसायनशास्त्र

त्याचे नाव होते जोहान बॉम्बॅस्टस थिओफ्रॅस्टस पॅरासेल्सस! पॅरासेल्सस हे त्याचे आडनाव नव्हते तर टोपणनाव होते. त्याचा अर्थ होतो, "सेल्ससपेक्षा अधिक लायक, अधिक चांगला." पॅरासेल्सस हा एक उच्च दर्जाचा रसायनशास्त्रज्ञ तर होताच शिवाय, "व्याधिमुक्त करणारा अद्वितीय जादूगार" म्हणूनही त्याची ख्याती पसरली होती. म्हणजेच, तो केवळ रसायज्ञ नव्हता तर वैद्यही होता.

रसायनशास्त्र आणि वैद्यकशास्त्र यांचा मिलाफ झाला तो मध्ययुगात. त्या सुमारास रसायनशास्त्र एक शास्त्र म्हणून ओळखले जात नव्हते. त्याचे स्वरूप

फारच संदिग्ध होते अणि कुविख्यात अशा परिसाच्या शोधासाठी, निर्मितीसाठी ते राबविले जात असे.

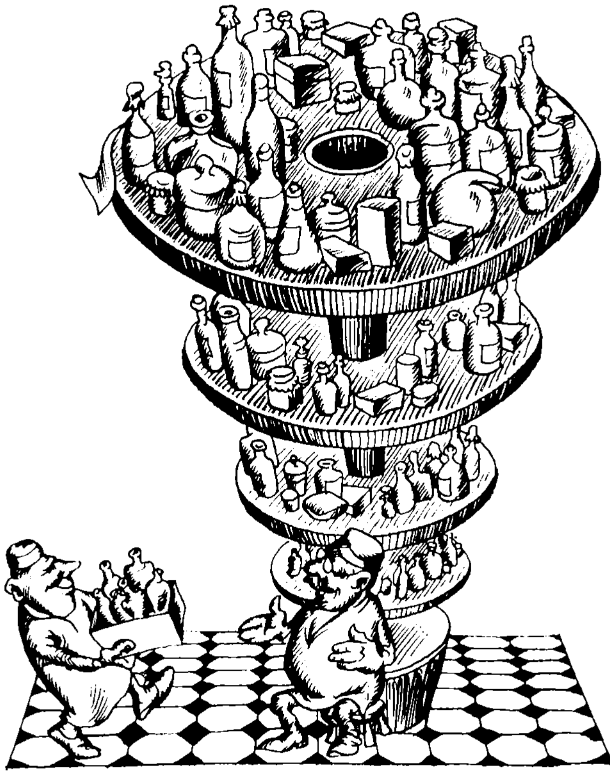
तथापि, गूढतेच्या जाळयात अडकलेला रसायनशास्त्रज्ञ नामक मासा, गंभीर स्वरूपाच्या व्याधी बऱ्या करण्यास शिकू लागला. या प्रयत्नातून औषधी-रसायन-शास्त्र जन्मास आले. सोळाव्या, सतराव्या आणि अठराव्या शतकात अनेक रसायज्ञाना औषधविक्रेते असेच संबोधिले जात असे, तसेच त्याना औषधीवैज्ञानिक अशीही संज्ञा होती. ते जी काही औषधे तयार करत ते मात्र केवळ रसायन-शास्त्र होते. हे खरे की 'अंदाजे' पद्धतींची ही औषधनिर्मिती होती आणि ती रुग्णास नेहमीच गुणकारक ठरत नव्हती.

पॅरासेल्सस हा मोठा विख्यात औषधीवैज्ञानिक होता. त्याच्या औषधांच्या यादीत पाऱ्यापासून व गंधकापासून बनविलेली (ओघानेच सांगावेसे वाटते की अशी औषधे चर्मरोग बरी करण्यासाठी आजही वापरली जातात) तसेच लोह आणि अँटिमनी क्षार व निरनिराळया वनस्पतींच्या अर्कांपासून तयार केलेली औषधेही होती.

सुरुवातीस, निसर्गात सापडणारे पदार्थच काय ते या वैद्यमंडळीना हे 'औष-धविक्रेते' पुरवीत असत. त्यांची संख्याही थोडीच होती. पण तेवढ्याने वैद्यक-शास्त्रचे समाधान होत नव्हते.

सध्याच्या औषधांच्या यादीत, ज्याना निसर्गजन्य म्हणता येईल अशी औषधे २५ टक्केच सापडतील. त्यामध्ये अर्क, कषाय ऊर्फ काढे इत्यादी वनस्पतीजन्य औषधे आढळतील. बाकीची सर्व संश्लेषित म्हणजेच निसर्गास अज्ञात असणारी व खास रसायनशास्त्राने निर्माण केलेली औषधे आहेत.

यापैकी पहिले संश्लेषित औषध सुमारे शंभर वर्षांपूर्वी तयार केले गेले. संधिवातावर सॅलिसिलक आम्लाचे गुणधर्म उपयुक्त आहेत याची माहिती फार पूर्वीच झालेली होती. तथापि, वनस्पतीजन्य कच्चा मालापासून ते तयार करणे फार खर्चिक व कठीण काम होते. अखेर १८७४ मध्ये फेनॉलपासून ते तयार करण्याची एक सोपी पद्धत विकसित केली गेली.



आजची अनेक औषधे या आम्लावर आधारित आहेत. त्यापैकी सर्वांच्या माहितीचे एक प्रसिद्ध औषध म्हणजे ॲस्पिरिन. एक असा नियम आहे की कोणत्याही औषधाचे 'आयुष्य' ऊर्फ उपयुक्ततेचा काळ काहीसा कमीच असतो. जुन्या औषधांची जागा अधिक परिपूर्ण आणि रोगावर अचूकपणे उपयुक्त ठरणाऱ्या नव्या औषधानी घेतली जाते. पण त्यास ऑस्पिरिन अपवाद ठरते. दरवर्षी

यापूर्वी ठाऊक नसलेले त्याचे अनेक गुणधर्म दृष्टोत्पत्तीस येत आहेत. आज ॲस्पिरिन हे केवळ ज्वरनाशक आणि वेदनाहारक द्रव्यच समजले जात नाही; तर त्याच्या उपयोगाच्या कक्षा चांगल्याच रूंदावल्या आहेत.

आणखी एक 'जुने' औषध म्हणजे पायरॅडिमॉन (जन्म वर्ष १८९६) हे होय.

आज तर रसायनशास्त्रज्ञ रोज नवी औषधे संश्लेषित करत आहेत. सर्व प्रकारच्या व्याधी दूर करण्याएवढे त्यांचे अनेक गुणधर्म आढळतात त्यांचा विस्तार वेदनामुक्तीपासून ते मानसिक आजार बरे करण्याएवढा प्रचंड आहे.

मनुष्यप्राण्यास व्याधीमुक्त करण्याएवढे श्रेष्ठ कार्य कोणतेच नाही पण त्याइतके कठीण आव्हानही दुसरे नाही.

पॉल एर्लिक या जर्मन रसायज्ञाने निद्रारोगाच्या भयंकर व्याधीवर उपयुक्त ठरेल असे औषध संश्लेषणमार्गे तयार करण्याचा वर्षानुवर्षे प्रयत्न केला. प्रत्येक संश्लेषणक्रियेत थोडाफार उपयुक्त निष्कर्ष मिळत असे पण एर्लिकचे पूर्ण समाधान कधीच झाले नाही. अखेर ६०६ व्या प्रयत्नात तो यशस्वी झाला आणि खात्रीचे औषध त्यास सापडले. या औषधाचे त्याने सॅल्व्हारसन असे नामकरण केले. हजारो लोकाना या औषधाने निद्रारोगापासून मुक्त तर केलेच पण अत्यंत भयानक अशा उपदंश अथवा सिफिलिस या गुप्त रोगापासूनही संरक्षण दिले. पण एर्लिक एवढ्यावरच थांबला नाही; आपल्या ९१४ व्या प्रयत्नातून अधिक प्रभावी अशा "निओसॅल्व्हारसन" या औषधाचा त्याने शोध लावला.

रसायनशास्त्रज्ञाच्या प्रयोगशाळेतील प्रयोगनलिकेपासून ते औषधविक्रेत्याच्या दुकानापर्यंतचा औषधाचा प्रवास फार मोठा असतो. डॉक्टरी व्यवसायाचा कडक नियमच आहे की, जोपर्यंत एखाद्या नव्या औषधाचा सर्व बाजूनी, साऱ्या दृष्टिकोनातून विचार होईपर्यंत आणि ते पुनःपुन्हा तपासून पाहिल्याशिवाय, चाचण्या घेतल्याशिवाय त्याची शिफारस करावयाची नाही. हा नियम जर काटेकोरपणे पाळला नाही तर फार भयंकर अवस्था ओढावेल. काही वर्षांपूर्वीच, एका जर्मन औषधनिर्मात्याने एक नवे आस्वापक औषध बाजारात आणले.

थॅलिडोमाईड हेच ते कुप्रसिद्ध औषध. ही पांढऱ्या रंगाची गोळी आकाराने छोटीशीच खरी पण ती खाणारी व्यक्ती तात्काळ गाढ झोपेत डुबून जात असे. हा परिणाम एवढा प्रभावी होता की निद्रानाशाची कायमची व्याधी जडलेला रोगीसुद्धा तीस बळी पडत असे. थॅलिडोमाईडची प्रशंसा अगदी आकाशास भिडली पण पुढे असे आढळून आले की गर्भवासी बालकांचा तो एक महाभयंकर शत्रु आहे. हजारोंच्या संख्येने बालके गर्भावस्थेत नाश पावली आणि जी जन्मली ती विद्रूप, व्यंग आणि व्याधींनी झपाटलेली होती. एखादे औषध काळजीपूर्वक पुन:पुन्हा न तपासताच बाजारात आणले तर त्याची किती जबरदस्त किंमत घ्यावी लागते याचे थॅलिडोमाईड हे एकच उदाहरण पुरेसे बोलके आहे.

म्हणूनच, रसायज्ञाना आणि डॉक्टराना एखादे औषध रोग बरा करते एवढेच माहीत असून भागणार नाही तर ते आपले कार्य कोणत्या पद्धतीने करते, रोगाशी त्याची जी प्रक्रिया होते त्यामागचा कार्यकारण भाव कोणता हे सुद्धा उत्तम प्रकारे ठाऊक असायला हवे.

हे एक छोटेसे उदाहरण पहा. बार्बिट्युरिक आम्ल म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या रसायनापासून जी औषधे तयार केली जातात त्यांचा आज आस्वापक (गाढ झोप आणणारी औषधे) म्हणून वापर केला जात नाही. हे आम्ल कार्बन, हायड्रोजन, नायट्रोजन आणि ऑक्सिजन या अणूंचे मिळून बनलेले आहे. त्याशिवाय, त्याच्या एका कार्बन अणूस दोन अल्किल गट जोडले गेलेले आहेत आणि ते म्हणजे, ज्यांचा एक हायड्रोजन अणु वंचित केला गेला आहे असे हायड्रोकार्बन रेणु. रसायज्ञाना असे आढळले की जर त्यातील अल्किल गटामध्ये चारपेक्षा कमी कार्बन अणु नसतील तरच हे बार्बिट्युरिक आम्ल निद्राकारक म्हणून उपयुक्त ठरते. तसेच अशा कार्बन अणूंची संख्या जितकी जास्त तितका त्याचा परिणाम अधिक वेगाने, फार चट्कन होऊ लागतो.

शास्त्रज्ञ रोगाबाबत जेवढा खोल अभ्यास करतील तेवढे सखोल संशोधन रसायज्ञानी करणे जरूरी असते. पूर्वी औषधीशास्त्राचे, औषधे तयार करणे आणि त्यांची शिफारस करणे एवढेच मर्यादित काम होते. आज मात्र ते एक

काटेकोर शास्त्र म्हणून ओळखले जाते. आजकालचा औषधीवैज्ञानिक हा रसा-यज्ञ, जीवशास्त्रज्ञ, वैद्य आणि जीवरसायनशास्त्रज्ञ असावा लागतो; तरच थॅलि-डोमाईडसारख्या शोककथा टळू शकतात.

औषधीद्रव्यांचे संश्लेषण हा रसायनज्ञानी प्राप्त केलेला मोठा विजय आहे. रसायनशास्त्रज्ञ म्हणजे आधुनिक विश्वामित्रच!!

...या शतकाच्या सुरुवातीस, नवे नवे रंजक ऊर्फ रंगद्रव्ये तया करण्यासाठी रसायज्ञ फार प्रयत्न करीत होते ती तयार करण्यासाठी प्रारंभिक पदार्थ म्हणून त्यानी सल्फानिलिक आम्ल वापरले. त्याचा रेणु अतिशय लवचीक म्हणजे निरनिराळ्या पुनर्रचना करता येण्याजोगा असतो. म्हणूनच रसायज्ञानी असा युक्तिवाद केला की विशिष्ट परिस्थितीत सल्फानिलिक आम्लाच्या रेणूंची पुनर्रचना करून त्याचे महत्त्वपूर्ण रंजक-द्रव्यात रूपांतर करता येणे शक्य आहे.

आणि अगदी तसेच घडले. पण १९३५ पर्यंत कुणाच्याच ध्यानात आले नाही की संश्लेषित सल्फानिलिक रंजकद्रव्ये ही शक्तिशाली औषधीद्रव्येही आहेत. ते एकदा ध्यानात येताच रंजकद्रव्यांसाठी होणारे संशोधन मागे पडले आणि रसायज्ञ नव्या स्वरूपातील औषधांसाठी सल्फानिलिक आम्लावर संशोधन करू लागले. या औषधाना सल्फोनामाईड औषधे असे सर्वसामान्य नाव मिळाले आहे. त्यापैकी अधिक प्रचलित म्हणजे सल्फापरिडिन, स्ट्रेप्टोसिड, सल्फामेथिल-थायाझोल आणि सल्फामेझाथाइन ही होत. हा सल्फोनामाईड वर्ग बॅक्टेरिया-नाशक अत्यंत महत्त्वाचा औषधीगट ठरला आहे.

...दक्षिण अमेरिकेतील इंडियन जमातीची अशी ख्याती होती की ते शस्त्रास्त्राना (उदा. भाले, बाण, सुरे, इ.) लावण्यासाठी एक घातक विष तयार करत व ते स्ट्रिक्नॉस टॉक्सिफेरा या जंगली वेलीपासून बनवत. या विषास क्युरेअर असे म्हटले जाई व त्यात बुडविलेला बाण शत्रूस लागताच तात्काळ मृत्यु येत असे.

असे का व्हावे? या प्रश्नाचे उत्तर देण्यासाठी रसायज्ञाना विषद्रव्यांचे रहस्य अगदी सखोलपणे समजावून घेणे भाग होते.

त्यानी पाहिले की क्युरेअर विषातील मुख्य व क्रियाशील घटक म्हणजे ट्युबोक्युरेराईन हे अल्कलॉईडवर्गीय संयुग आहे. जेव्हा ते शरिरात जाते तेव्हा त्याच्या परिणामामुळे स्नायू ढिले पडतात, त्यांची आकुंचन पावण्याची क्षमता नाहीशी होऊन ते कोणतीही हालचाल करण्यास असमर्थ ठरतात. परिणामी मृत्यु अटळ असतो.

तथापि, काही विशिष्ट परिस्थितीत हे विष उपकारक ठरू शकते. गुंतागुंतीच्या शस्त्रक्रिया करते वेळी शल्यकर्मविशारद त्याचा उपयोग करतात. उदाहरणार्थ, हृदयावरील शस्त्रक्रियेच्या वेळी रोगी जेव्हा कृत्रिम श्वसनक्रियेवर ठेवावयाचा असतो त्यावेळी त्याच्या श्वसनक्रियेत अंतर्भूत असणारे स्नायु ढिले पाडण्यासाठी या विषाचा वापर केला जातो. थोडक्यात, मृत्यूच्या खाईत ढकलणारा हा शत्रु आपला मित्र झाला आहे. ट्युबोक्युरेराईन आज वैद्यकीय व्यवसायात येत आहे.

पण ते फार महाग असते. त्यामुळे स्वस्त आणि सहजगत्या उपलब्ध अशा पर्यायी द्रव्याची जरूरी भासू लागली.

पुन्हा एकदा रसायज्ञ संशोधनात गुंतले. त्यानी ट्युबोक्युरेराईन रेणूचा सर्वांगिण अभ्यास केला, त्याची 'मोडतोड' करून मिळणारे तुकडे तपासले. या द्रव्याचे रासायनिक घटक व त्यांचे शरीरक्रियांबरोबरचे संबंध यांचा उलगडा टप्प्याटप्प्याने होत गेला. त्यानी पाहिले की त्यातील विशिष्ट गटात धनप्रभारित नायट्रोजनचे अणु आहेत व त्यामुळेच स्नायुशैथिल्याचा परिणाम घडतो. याबरोबरच असेही ध्यानात आले की या गटांमध्ये निश्चित असे काही अंतर असणे आवश्य आहे.



मग रसायज्ञ निसर्गाची नक्कल करण्याच्या

व त्यापेक्षा वरचढ ठरण्याच्या प्रयत्नास लागले. प्रथम त्यानी टचुबोक्युरेराईनएवढेच परिणामकारक संयुग संश्लेषित केले आणि नंतर ते अधिक परिणामकारक कसे करता येईल याचा शोध घेऊ लागले. या प्रयत्नातून सिंन्क्यूराईन निष्पन्न झाले व ते टचुबोक्युरेराईनपेक्षा दुप्पट प्रभावी ठरले.

आणखी एक ठळक उदाहरण म्हणजे मलेरियाचे. त्यावर क्विनाईन हे नैसर्गिक अल्कलॉईड संयुग वापरले जात असे. पण क्विनाईनपेक्षा साठपट अधिक प्रभावी असे संयुग संश्लेषित करण्यात रसायज्ञ यशस्वी झाले. पामाक्विनन या नावाने जरी परिचित असले तरी प्लाझ्मोक्वाईन या नावानेही ते ओळखले जातेच.

आजच्या वैद्यकीय व्यवसायासाठी जणू अगणित औषधांचे भांडार खुले असून कोणत्याही प्रसंगी आणि कोणत्याही व्याधीवर औषध नाही असा प्रसंग बहुधा कधीही येणार नाही.

मज्जा-संस्थेवर प्रशामक स्वरूपाचे परिणाम करणारी फार प्रभावी औषधी, प्रशामक द्रव्ये आज उपलब्ध असून अत्यंत बिथरलेली व्यक्तीही त्यांच्या वापराने शांत होईल. असाही औषध-प्रकार उपलब्ध आहे की ज्यामुळे भीतीची भावना नाहीशी होते. मात्र ज्या विद्यार्थ्यांना परिक्षेची भीती वाटते त्यांच्या बाबतीत या औषधाचा उपयोग होत नाही.

क्षोभहारक औषधांची विस्तृत मालिका आज उपलब्ध असून संतापी, चिडखोर व्यक्तीस ती अगदी शांत करू शकतात. त्यापैकी एक औषध रिसर्पाईन या नावाचे असून एकेकाळी विशिष्ट मानसिक व्याधींवर (शिझोफ्रेनिआ) उपचार करण्यासाठी त्याचा सार्वत्रिक वापर होत असे. आजकाल मनोव्याधींवर रसायन-चिकित्सा पद्धती प्रामुख्याने वापरली जाते.

एक वस्तुस्थिती अशी की वैद्यकीय-रसायनशास्त्रास नेहमीच काही मधूर फळे येत नाहीत. याचे एक उदाहरण म्हणजे एक अत्यंत दळभद्री (दुसरा अधिक योग्य शब्दच नाही!) 'औषध' एल्एस्डी-२५ हे होय.

अनेक भांडवलशाही देशांमध्ये ते गुंगी आणणारे मादकद्रव्य म्हणून वापरले

जात असून त्याचे अनैसर्गिक परिणाम शिझोफ्रेनिआसदृश म्हणजे "जीवनातील समस्या, दुःखे आणि चिंता' काही काळ विसरावयास मदत करतात. पण ज्यानी एल्‌एसडी-२५ चे सेवन केले ते परत नैसर्गिक असे सामान्य जीवन कधीच जगू शकले नाहीत अशी कितीतरी उदाहरणे आहेत.

आजच्या उपलब्ध आकडेवारीनुसार असे दिसते की बहुसंख्य मृत्यूंमागे हृद्‌रोग (हृदयाचा स्नायुमय भाग निकामी होण्यामुळे) आणि मेंदूची व्याधी (मर्धन्य मस्तिष्काघात) ही कारणे आहेत. त्याविरुद्ध लढा देण्यासाठी रसायज्ञ हृदयसंबंधी आणि मेंदूतील रक्तवाहिन्या रूंदावणारी औषधे शोधण्याचा कसून प्रयत्न करत आहेत.

आज क्षयरोगावर यशस्वी उपचार होऊ शकतात व त्याचे श्रेय, टच्युबाझिड आणि पॅरा-अमिनोसॅलिसिलिक (पासा) या आम्लाचे रसायज्ञांमार्फत जे संश्लेषण केले गेले त्यास दिले पाहिजे.

अखेर एका रोगाचा उल्लेख अशासाठी करावयाचा की ज्याविरुद्ध उपाय शोधण्यासाठी जगभर कसून संशोधन केले जात आहेत. कर्करोग ऊर्फ कॅन्सर हाच तो मानवाचा भयानक शत्रु होय. या क्षेत्रात अद्यापीही अनेक त्रुटी असून या रोगामागील कार्यकरण भाव उलगडलेला नाही. औषधीक्षेत्रात आणि वैद्यकीय क्षेत्रातही जर चौफेर आणि अहोरात्र संशोधन जर कुठे चालू असेल तर ते या कर्करोगाबाबत. या बाबतीत काही 'अलौकिक' औषधीद्रव्ये रसायज्ञांच्या संशोधनातून आपणास मिळतील का याची डॉक्टरमंडळी अगदी आतुरतेने वाट पाहत आहे. रसायज्ञांच्या प्रयत्नांवरून ही त्यांची प्रतीक्षा निरर्थक मुळीच नाही. इतर क्षेत्रात रसायनशास्त्राने जसे विजय मिळविले आहेत तसेच नेत्रदीपक यश याही क्षेत्रात ते संपादन करेल असा सार्थ विश्वास वाटतो.

बुरशीमार्फत चमत्कार

वैद्यमंडळीना आणि सूक्ष्मजीवशास्त्रज्ञाना बुरशीचा परिचय फार पूर्वीपासून झालेला आहे. खास ग्रंथांमध्येही तिचा उल्लेख आढळतो. पण अगदी अलिकड-

च्या काळापर्यंतही बुरशी हा प्रकार काही महत्त्वाचा आहे आणि जीवशास्त्र किंवा औषधीशास्त्राशी त्याचा काही संबंध आहे याची कुणालाच कल्पना आली नाही. अनेक रसायज्ञाना त्याचे नेमके स्वरूपही कळले होते की नाही कोण जाणे. पण आजकाल प्रत्येकासच ॲंटिबायोटिक्स ऊर्फ प्रतिजैव औषधे हा शब्द परिचयाचा झाला आहे.

पण माणसाला "ॲंटिबायोटिक औषधे" हा शब्दप्रयोग माहिती होण्या-आधी "सूक्ष्मजंतू" हा शब्द माहीत झाला. असे उघडकीस आले की न्युमोनिया हा फुप्फुसाचा रोग, मेनिन्जायटीस ऊर्फ परिमस्तिष्क ज्वर; डिसेंट्री ऊर्फ आव, टायफस ऊर्फ सन्निपात ज्वर, क्षयरोग इत्यादी अनेक रोग सूक्ष्म जंतूमुळे होतात. या सूक्ष्मजंतूंविरुद्ध लढा देण्यासाठीच तर प्रतिजैव ऊर्फ ॲंटिबायोटिक औषधांची नितांत गरज होती.

बुरशीच्या काही प्रकारांचे रोगपरिहारक गुणधर्म अगदी मध्ययुगापासून ठाऊक होते. पण त्याबाबतच्या कल्पना विलक्षणच म्हटल्या पाहिजेत. असा एक समज होता की फाशी दिल्या गेलेल्या माणसाच्या कवटीवरची बुरशी रोगहारक असते.

पण हे समज-गैरसमज महत्त्वाचे नाहीत. या बुरशींवर संशोधन करणाऱ्या अलेक्झांडर फ्लेमिंग या इंग्रज रसायनशास्त्रज्ञाने त्यातील क्रियाशील, परिणामकारक घटक शोधून काढला हे आपल्या दृष्टीने महत्त्वाचे आहे. त्यामुळेच पेनिसिलिन हे पहिले प्रतिजैव औषध जन्मास आले.

सूक्ष्मजीवांतील स्ट्रेप्टोकोकस ऊर्फ मालागोलाणु, स्टॅफिलोकोकस ऊर्फ पुंजगोलाणु असे जे जंतुप्रकार आहेत त्याविरुद्ध उपाय म्हणून पेनिसिलिन हे अत्यंत प्रभावी औषध ठरले. एवढेच नव्हे तर सिफिलिस ऊर्फ उपदंश हा गुप्तरोग जडविणाऱ्या स्पायरोचिटा पॅलिडा अथवा सर्पिल पांडुर जंतुंचा पेनिसिलिन पार नायनाट करते.

अलेक्झांडर फ्लेमिंगने पेनिसिलिनचा शोध जरी १९२८ मध्ये लावला तरी त्याचे सूत्र निश्चित करण्यास १९३५ साल उजाडावे लागले. १९४७ पासून तर पेनिसिलिन संपूर्णतया प्रयोगशाळेत संश्लेषित होऊ लागले. असे वाटले की मान-

वाने अखेर निसर्गावर मात केली. पण तसा प्रकार मुळीच नव्हता. प्रयोगशाळे-तील संश्लेषणकार्य काही सोपे नव्हते. नैसर्गिक बुरशीपासून पेनिसिलिन तयार करणेच कितीतरी सोपे होते.

पण रसायज्ञ अडचणींमुळे डगमगणारे नव्हते. येथेही त्याना आव्हान होते आणि ते स्वीकारण्याची त्यांची तयारीही होती. बुरशीमार्गे मिळविले जाणारे पेनिसिलिन फारच अल्पसे असे आणि हे पाहता रसायज्ञानी पेनिसिलिनची गुणवत्ता वाढविण्याचे ठरविले. त्याना असे पदार्थ सापडले की ज्यायोगे सूक्ष्म-जंतूंच्या अनुवंशिक गुणातच फेरफार करता येतात, मग हे नवे गुणधर्म अनुवं-शिक ठरत. यातून नवे बुरशी-प्रकार अस्तित्वात आले आणि ते अधिक जोमदा-रपणे पेनिसिलिनची निर्मिती करू लागले.

आजकालच्या प्रतिजैव औषधांचे प्रकार विविध आहेत : स्ट्रेप्टोमायसिन आणि टेरामायसिन ; टेट्रासायक्लाईन आणि ऑरोमायसिन ; बायोमायसिन आणि एरिथ्रोमायसिन, असे किती प्रकार सांगावेत ! सर्व मिळून निदान एक हजार प्रतिजैव औषधे माहीत झालेली असून त्यापैकी सुमारे शंभर प्रकार निरनिरा-ळया व्याधींवर उपचारार्थ वापरले जातात. त्यांच्या निर्मितीकार्यात रसायनशा-स्त्राचा प्रमुख वाटा आहे हे काय सांगावयास हवे ?

प्रथम सूक्ष्मजीवशास्त्रज्ञ, सूक्ष्मजीवांच्या वसाहती असणारे द्रवरूप संवर्धन माध्यम तयार करतात. मग त्यांचा ताबा रसायनशास्त्रज्ञांकडे जातो. या माध्य-मातील प्रतिजैव पदार्थ वेगळा करण्याचे त्यांचे काम असते. या "कच्च्या माला-तील" जटिल अशी कार्बनी संयुगे वेगळी करण्यासाठी निष्कर्षणाच्या (अर्क काढण्याच्या) कामी विविध रासायनिक पद्धती वापरल्या जातात. विशेष प्रकारच्या अवशोषक पदार्थांमार्फत ही प्रतिजैव द्रव्ये शोषिली जातात. संशोधक मागे उल्लेखिलेले "रासायनिक चिमटे" (सांडश्या) ऊर्फ वेगवेगळी द्रावके वापरून प्रतिजैव द्रव्ये अर्क स्वरूपात मिळवितात. ती आयन विनिमय करू शकणाऱ्या रेझिन पदार्थांच्या साहाय्याने शुद्ध केली जातात आणि द्रावणातून अवक्षेपित म्हणजेच वेगळी करण्यात येतात. याप्रमाणे कच्च्या अथवा अपरिपक्व

अवस्थेत अखेर ही प्रतिजैव द्रव्ये मिळविण्यात येतात. ती शुद्धावस्थेत मिळविण्यासाठी मग अनेक परिक्षरण क्रिया केल्या जातात व शेवटी शुद्ध स्फटिकरूप पदार्थ ऊर्फ प्रतिजैव द्रव्ये मिळतात. त्यापैकी, पेनिसिलिनसारखी औषधे आजही सूक्ष्मजीवांच्या साहाय्याने संश्लेषित केली जातात, पण इतरांच्या उत्पादनात निसर्गाचा वाटा अर्धाच आहे.

पण सिंथोमायसीनसारखी अशी काही प्रतिजैव औषधे आहेत की जी रसायज्ञ निसर्गाची मुळीसुद्धा मदत न घेता तयार करतात. अशांचे संश्लेषण अगदी सुरुवातीपासून अखेरपर्यंत रासायनिक कारखान्यातच होते.

रसायनशास्त्राच्या अत्यंत परिणामकारक पद्धतींशिवाय प्रतिजैव औषधे अथवा अँटिबायोटिक हा शब्द असंख्य लोकांपर्यंत पोहोचलाच नसता, एवढेच नव्हे तर वैद्यकशास्त्रातही एवढी क्रांती कधीच घडली नसती.

सूक्ष्ममूलद्रव्ये अथवा वनस्पतींची जीवनसत्त्वे

मूलद्रव्य या शब्दाचे अनेक अर्थ आहेत. उदाहरणार्थ, समान असा केंद्रकीय भार असणारे एकाच जातीचे अणु असा एक अर्थ होतो. पण मग "सूक्ष्ममूलद्रव्ये" म्हणजे काय? वनस्पती आणि प्राणिमात्रात अत्यंत अल्प स्वरूपात असणारी मूलद्रव्ये असे आपण त्याबाबत म्हणतो. मानवी शरिरात ६५ टक्के ऑक्सिजन, सुमारे १८ टक्के कार्बन आणि १० टक्के ऑक्सिजन आहे. ही आहेत महामूलद्रव्ये अथवा स्थूलमानीय मूलद्रव्ये, कारण ती मोठ्या प्रमाणात आहेत. पण टायटॅनिअम आणि ॲल्युमिनिअम याना सूक्ष्ममूलद्रव्ये म्हणता येईल कारण ती प्रत्येकी एक-हजारांश टक्के प्रमाणात आहेत.

जीवरसायनशास्त्राच्या प्रभातकाली एवढ्या अल्पस्वरूपी पदार्थांकडे कुणी लक्षच दिले नाही. एक-हजारांश किंवा त्यापेक्षाही कमी प्रमाणात असणारा पदार्थ म्हणजे काहीच नव्हे आणि त्यावेळी, एवढ्या अल्प प्रमाणातील पदार्थांची निश्चितीही करता येत नव्हती. विश्लेषणाचे मार्ग उपलब्ध होत गेले तसतसे

शास्त्रज्ञाना अधिकाधिक मूलद्रव्ये जीवमात्रात आढळू लागली. तथापि, दीर्घकाळापर्यंत अशा सूक्ष्ममूलद्रव्यांची नेमकी काय भूमिका असते हे अज्ञातच होते. आज आपणास जरी एक-कोटयांश टक्क्यात किंवा त्यापेक्षाही कमी प्रमाणात असणारा अंश रासायनिक पृथक्करणमार्गे ठरविता येत असला तरी वनस्पती आणि प्राणिमात्रांच्या शरिरात अनेक प्रकारच्या सूक्ष्ममूलद्रव्यांचे महत्त्व काय व जीवधारणेस त्यांची आवश्यकता का याचे उत्तर स्पष्ट झालेले नाही.

पण काही घडामोडी उत्तम प्रकारे प्रस्थापित झाल्या आहेत. उदाहरणार्थ, आपणास निश्चितपणे ठाऊक झाले आहे की निरनिराळया जीवांमध्ये कोबाल्ट, बोरॉन, तांबे, मँगॅनीज, व्हॅनॅडिअम, आयोडिन, फ्ल्युओरिन, मॉलिब्डेनम, जस्त आणि... अगदी रेडिअमसह वेगवेगळी मूलद्रव्ये आढळतात. यापैकी काही अंशमात्र स्वरूपात असतील हा भाग वेगळा.

मानवी शरिरात आतापावेतो निदान सत्तर मूलद्रव्ये तरी आढळली आहेतच आणि सर्वच्या सर्व आवर्ती सारणीत आढळतील असे मानण्यास भरपूर वाव आहे. प्रत्येक मूलद्रव्य निश्चितपणे काही ना काही कामगिरी पार पाडते. शरिराच्या कामात जे अनेक अडथळे किंवा रोगराई निर्माण होते ती या सूक्ष्ममूलद्रव्यात असमतोलपणा निर्माण झाल्याने होत असावी असेही एक दृढ मत आहे.

वनस्पतींमध्ये जी प्रकाशसंश्लेषणाची क्रिया घडत असते त्यामध्ये लोह आणि मँगेनीज यांची महत्त्वपूर्ण भूमिका आहे. ज्या जमिनीत लोह अत्यल्प प्रमाणातही नाही त्यात वाढणाऱ्या झाडांची पाने आणि देंठ कागदाप्रमाणे पांढरे फटफटीत पडतात. पण जर त्याच मातीत लोहक्षार असणारे द्रावण टाकले तर झाडे पूर्ववत हिरव्या रंगाची होतात. प्रकाशसंश्लेषणासाठी तांब्याची जरूरी असून वनस्पतीना नायट्रोजन घेण्यास त्याची चांगलीच मदत होते. तांब्याची कमतरता निर्माण झाल्यास वनस्पतींमध्ये प्रथिनद्रव्ये कमी प्रमाणात तयार होतात. या प्रथिनांचा नायट्रोजन हा एक घटक असतो.

मॉलिब्डेनमची जटिल अशी कार्बनी संयुगे निरनिराळया विकरांचे किंवा एन्झाईम द्रव्यांचे घटक असतात. ते नायट्रोजन रिचविण्यास मदत करतात.



मॉलिब्डेनमची कमतरता असेल तर नायट्रेट संयुगे प्रमाणाबाहेर साचतात आणि मग पाने करपा रोगास बळी पडतात. मॉलिब्डेनमच्या आभावी वनस्पती नायट्रोजन पचनी पाडू शकत नाहीत. वनस्पतीतील फॉस्फरसच्या प्रमाणावरही मॉलिब्डेनमचा प्रभाव पडतो. त्याच्या अनुपस्थितीत अकार्बनी फॉस्फेट संयुगे कार्बनी फॉस्फेट संयुगात रूपांतरित होतात. मॉलिब्डेनमच्या कमतरतेमुळे वनस्पतीतील रंगद्रव्ये साचण्यात अडथळा निर्माण होतो. मग पाने फिक्या रंगाची होतात, त्यावर ठिपके दिसू लागतात.

वनस्पतींमध्ये बोरॉनची कमतरता पडल्यास फॉस्फरस नीट पचनी पडत नाही. असेही सिद्ध झाले आहे की व्हॅनॅडिअमचा संपूर्ण आभाव असणाऱ्या वनस्पती जर जनावरांच्या खाण्यात आल्या तर त्यांची भूक मंदावते आणि त्याचा परिणाम जनावर दगावण्याकडेही होणे अगदी शक्य असते. याउलट, व्हॅनॅडिअमचे वाढीव प्रमाण असणारे खाद्य डुकराना जर खाऊ घातले तर त्यांची वाढ तर जलद होतेच, शिवाय चरबीचा थरही अधिक जाड बनतो.

चयापचय क्रियेत जस्त महत्त्वपूर्ण कामगिरी बजावते तसेच ते प्राण्यांच्या रक्तकोशिकांचाही घटक आहे.

एखादे जनावर (किंवा माणूसही) कोणत्याही प्रकारे उद्दीपित झाले असता त्याच्या यकृतातून मँगेनीज, सिलिकॉन, अॅल्युमिनिअम, टायटॅनिअम आणि तांबे सर्वसाधारण रक्ताभिसरणात उत्सर्जित केले जातात, पण मध्यवर्ती मज्जासंस्थेचे कार्य जर रोखले गेले तर फक्त मँगेनीज, तांबे, टायटॅनिअम यांचेच उत्सर्जन होईल आणि सिलिकॉन व अॅल्युमिनिअम यांचे प्रमाण कमी होईल. यकृता-प्रमाणेच, मुख्य मेंदू, वृक्क ऊर्फ मूत्रपिंड, फुफ्फुसे आणि स्नायु यांच्यामार्फतही रक्तातील सूक्ष्ममूलद्रव्यांचे प्रमाण नियंत्रित केले जाते.

वनस्पतीच्या आणि प्राण्यांच्या वाढीत आणि विकासात या सूक्ष्ममूलद्रव्यांची नेमकी भूमिका कोणती हे स्पष्ट करण्याचे कार्य, रसायनशास्त्र आणि जीवशास्त्र यांच्या दृष्टीने मोठे आव्हान आहे. ही समस्या सोडविता आल्यास भावी कालात सर्वांगिण भरभराटीस वेगच येईल आणि दुसरा 'निसर्ग' निर्माण करण्याचा मार्ग मोकळा होईल. रसायनशास्त्राच्या एकेक करामती पाहता हे मुळीच अशक्य वाटत नाही.

वनस्पतींच्या खाद्याशी रसायनशास्त्राचा संबंध

अगदी प्राचीन काळीही पाकशास्त्र कलेत निपूण असलेले स्वयंपाकी प्रसिद्ध होतेच. राजवाड्यातील भोजनगृहात, चवदार खाद्यप्रकार असणाऱ्या थाळ्यानी

तेथील टेबले भरून जात. श्रीमंत मंडळी आपल्या खाण्यापिण्याबाबत फार दक्ष राहू लागली होती.

असे साहजिकच वाटेल की वनस्पती आपल्या खाण्यापिण्याबाबत फारच निष्काळजी असतील. झाडेझुडपे, वाळवंटात जगताना दिसतात तशीच ध्रुवप्रदेशातील टुंड्रा भागातही उगवतातच. त्यांचे स्वरूप खुरटलेले असते आणि डोळयानाही सुखावह वाटण्याएवढी ती तजेलदार नसतात, पण ती जगत असतात एवढे खरे.

सर्वांगिण वाढीसाठी त्याना कशाची तरी जरूरी असते. पण कोणत्या पदार्थांची? अशा 'कोणत्यातरी' पदार्थाचा शोध शास्त्रज्ञानी अनेक वर्षे घेतला.

याचे उत्तर दिले जस्टस फॉन लायबिग् या सुप्रसिद्ध जर्मन रसायज्ञाने. तो गतशतकाच्या मध्यास होऊन गेला. त्याला रासायनिक पृथःक्करण पद्धतीनी मदत केली. अनेक वनस्पतींमधील वेगवेगळी मूलद्रव्ये त्याने अलग केली. सुरुवातीस त्यांची संख्या फक्त दहा आढळली: कार्बन आणि हायड्रोजन, ऑक्सिजन आणि नायट्रोजन, कॅल्शिअम आणि पोटॅशिअम, फॉस्फरस आणि गंधक, मॅग्नेशिअम आणि लोह. या दहा मूलद्रव्यांमुळे पृथ्वीवर सर्वत्र वनस्पतींचे साम्राज्य पसरले.

यावरून हेच दिसते की जगण्यासाठी वनस्पतीना ही मूलद्रव्ये 'खावी' लागतात, पचवावी लागतात.

पण ते कसे काय शक्य होते? वनस्पतींचा हा अन्नसाठा असतो तरी कुठे?

उघडच आहे की तो जमिनीत असतो. पाण्यात असतो आणि हवेतही असतो.

या बाबतीत काही चमत्कारिक वाटणाऱ्या घटनांबद्दल खुलासा करणे जरूर आहे. एखाद्या जमिनीत झाड जोमदारपणे वाढते, त्याला फुलोरा येतो आणि रसदार फळे लागतात. दुसऱ्या एखाद्या जमिनीत नेमके या उलट चित्र पहावयास मिळते. तेथील झाड खुरटते, पाने, फुलोरा, फळे येत नाहीत, ते सदा 'आजारी' असते. उघडच आहे की जमिनीचा हा दुसरा प्रकार काही मूलद्रव्यांविरहित असतो.

लायबिग्च्या किती तरी पूर्वीपासून लोकाना ठाऊक होते की वर्षानुवर्षे एकच पीक घेत गेले तर जमिनीचा कस कमी कमी होत जातो.



हळूहळू जमिनीचा दर्जा निकृष्ट झालेला असतो, वनस्पतीना जरुरी असणाऱ्या मूलद्रव्यांची कमतरता निर्माण झालेली असते. त्यांची भरपाई करणे आवश्यक ठरते. दुसऱ्या शब्दात असे म्हणता येईल की जमिनीत खत टाकणे आवश्यक असते. खतांचा वापर एवढ्या प्राचीन काळापासून केला जात आहे की केव्हापासून ते सांगताच येणार नाही. सुरुवातीला सुचले म्हणून वापरले असा प्रकार झाला आणि जसजसे अनुकूल अनुभव येत गेले तसतसे पिढ्यांमागून पिढ्या त्यांचे ज्ञान चालत गेले.

खतांचा वापर करणे हे एक शास्त्रशुद्ध काम आहे, त्यामागे शास्त्रीय बैठक आहे हे सिद्ध करून त्यास वैज्ञानिक दर्जा लायबिग्ने मिळवून दिला आणि कृषिरसायनशास्त्र प्रस्थापित केले. रसायनशास्त्राने शेतीची मनोभावे सेवा करण्यास सुरुवात केली. उपलब्ध खते योग्य प्रकारे का व कशी वापरावीत याचे ज्ञान लोकांमध्ये प्रसृत करण्यास सुरुवात केली व त्याबरोबरच नवे खत-प्रकार शोधण्याचेही काम चालू ठेवले.

खतांचे अनेक प्रकार आज उपलब्ध आहेत. त्यांच्यापैकी अत्यंत महत्त्वाची म्हणजे पोटॅशिअम, नायट्रोजन आणि फॉस्फरस या मूलद्रव्यांवर आधारलेली खते असून त्यांवाचून कोणतीच वनस्पती वाढणार नाही.

वनस्पतीना पोटॅशिअमचा पुरवठा – एक साम्य

आज युरेनिअम एवढे प्रसिद्ध आहे खरे, पण एक काळ असा होता की रसायनशास्त्रात त्याची जागा अगदी कोपऱ्यातली होती. काचेत रंग भरण्याच्या

कामी आणि छायाचित्रण कलेत त्यास मामुली स्थान मिळाले होते. पुढे त्यामध्ये रेडिअम आढळले. हजारो टन युरेनिअमवर जेव्हा प्रक्रिया कराव्यात तेव्हा कुठे या रूपेरी मूलद्रव्याचा क्षुल्लक भाग मिळावयाचा. युरेनिअमचा विपुल अंश असणाऱ्या निरूपयोगी मातीचे ढीगच्या ढीग साचू लागले. पण अणुशक्ती क्षेत्रात त्याचा उपयोग आहे हे जेव्हा माणसाच्या ध्यानात आले तेव्हा युरेनिअमचे नशिब उघडले. निरूपयोगी ढिगाना सोन्याचे मूल्य प्राप्त झाले.

...जर्मनीतील स्टासफुर्ट भागातील क्षार-पदार्थांचे साठे अगदी प्राचीन काळापासून प्रसिद्ध होते. त्यामध्ये प्रामुख्याने पोटॅशिअम आणि सोडिअम यांचे क्षार विपुल प्रमाणात होते. पोटॅशिअम क्षार असणारी माती दुर्लक्षित केली गेली आणि खाणींभोवती त्यांचे मोठमोठे डोंगर तयार झाले. त्यांचे काय करावे हेच कुणाला समजत नव्हते. कृषिक्षेत्रात जरी पोटॅशिअम खतांची नितांत आवश्यकता होती तरी स्टासफुर्टचे हे डोंगर, त्याध्ये मॅग्नेशिअमचे प्रमाण खूपच असल्यामुळे उपयोगात आणता येत नव्हते. अल्प प्रमाणात मॅग्नेशिअमचा वापर वनस्पतीना उपकारकच ठरतो पण मोठ्या प्रमाणात ते फारच हानीकारक असते.

ही समस्या सोडविण्यास रसायनशास्त्र परत एकदा पुढे सरसावले. पोटॅशिअम क्षारांपासून मॅग्नेशिअम वेगळे करण्याची एक सोपी पद्धत शोधण्यात आली आणि स्टासफूर्टचा एकेक डोंगर नाहीसा होऊ लागला. विज्ञान-इतिहासकार असे सांगतात की पोटॅशिअम-क्षार द्रव्यांवर प्रक्रिया करणारा पहिला कारखाना जर्मनीत १८११ मध्ये उभारला गेला. एक वर्षाने चार कारखाने दिसू लागले आणि १८७२ पावेतो तेहेतीस कारखान्यांमार्फत दरवर्षी दहा लाख टनांपेक्षाही जास्त क्षारयुक्त मातीवर प्रक्रिया केली जाऊ लागली. वर दिलेल्या युरेनिअमच्या आणि या पोटॅशिअमच्या उदाहरणांमध्ये किती विलक्षण साम्य आढळते!

नायट्रोजनची समस्या

नायट्रोजनचा शोध लागल्यानंतर शंभरएक वर्षांनी एका सूक्ष्मजीवशास्त्रज्ञाने लिहिले "सर्वसामान्य जीवशास्त्राच्या दृष्टिकोनातून नायट्रोजनचे महत्त्व, दुर्मिळ

मौल्यवान धातूंपेक्षाही कितीतरी जास्त आहे." त्याचे म्हणणे शंभर टक्के खरे आहे. वनस्पतींतील अथवा प्राण्यांमधील, साऱ्या प्रकारच्या प्रथिनांचा नायट्रोजन हा एक घटक आहे. नायट्रोजन नसेल तर प्रथिने नाहीत आणि प्रथिनांवाचून जीवन अशक्यच. एंगल्स यानी म्हटले आहे, "प्रथिनांच्या अस्तित्त्वामुळेच जीवनाचे अस्तित्व आहे."

प्रथिनांचे रेणु निर्माण करण्यासाठी वनस्पतींना नायट्रोजनची गरज असते. पण त्याना तो कुठून मिळतो? नायट्रोजनची रासायनिक क्रियाशीलता अत्यंत अल्पस्वरुप आहे आणि सर्वसामान्य परिस्थितीत तो प्रक्रियांमध्ये भाग घेत नाही. तेव्हा हवेतील नायट्रोजनचा वनस्पतींना काहीच उपयोग नाही. खरेच, "पेला आणि ओठ यांच्या दरम्यान मोठी दरी असते" ही म्हण नायट्रोजनच्या बाबतीत अगदी सार्थ ठरते. यावरून असे दिसते की वनस्पतींना लागणाऱ्या नायट्रोजनचे भांडार मातीत आहे. पण खेदाची बाब ही की हे कोठार जणू रितेच म्हटले पाहिजे. म्हणून तर जमिनीतील नायट्रोजनचे प्रमाण झपाट्याने कमी होते आणि नायट्रोजनयुक्त खत वापरून त्याची भरपाई करावी लागते.

"चिली सॉल्टपीटर" हा प्रकार आता इतिहासजमा झाला आहे. पण सुमारे सत्तर-ऐंशी वर्षांपूर्वी त्याचा बोल-बाला सर्वत्र झाला होता.

चिली गणराज्याच्या विस्तृत भूभागात अॅटकामा नामक भयाण वाळवंटी भाग असून तो शंभरएक कि. मी. पर्यंत पसरलेला आहे. प्रथमदर्शनी ते इतर वाळवंटी प्रदेशांसारखेच दिसते पण एका मोठ्या कुतुहलजन्य परिस्थितीमुळे जगातील इतर साऱ्या वाळवंटी प्रदेशांमध्ये ते वेगळे ठरले आहे. तेथे, थोड्याफार वाळूच्या थराखाली सोडिअम नायट्रेट किंवा सोडिअम सॉल्टपीटर या नावानेही ओळखल्या जाणाऱ्या संयुगाचे चांगले जाड थर आढळतात. या थरांचे अस्तित्व खूप पूर्वीपासून ठाऊक होते पण जेव्हा बंदुकीच्या दारूचा युरोपमध्ये तुटवडा भासू लागला तेव्हा कुठे त्याकडे लक्ष गेले. या ठिकाणी हे लक्षात घेणे जरूरी आहे की बंदुकीच्या दारूसाठी पूर्वी कोळसा, गंधक आणि सॉल्टपीटर यांचे मिश्रण वापरीत असत.



या समुद्रापार साठ्यांचा सौदा करण्यासाठी तावडतोब एक मोहीम काढली गेली. तथापि, बोट भरून जो माल आणण्यात आला तो सारा समुद्रात फेकण्याची वेळ आली. असे लक्षात आले की सोडिअम सॉल्टपीटर हवेतील आर्द्रता मोठ्या प्रमाणात शोषून घेते व त्यामुळे त्याचा वापर केलेली बंदुकीची दारू दमट होऊन निरूपयोगी बनते. बंदुकीच्या दारूसाठी फक्त पोटॅशिअम सॉल्टपीटरच काय ते वापरणे जरूरी आहे.

भरलेली बोट समुद्रात रिती करण्याची ही काही पहिलीच वेळ युरोपियन लोकांवर आलेली नव्हती. सतराव्या शतकात, प्लॅटिनो-डेल-पिंटो या नदीकिनारी शुभ्र रंगाच्या धातूचे कण – ज्यास पुढे प्लॅटिनस हे नाव मिळाले – सापडले. १७३५ मध्ये युरोपात प्लॅटिनम प्रथमतःच आणले गेले तेव्हा त्याचे काय करावयाचे याचा कुणालाच पत्ता नव्हता. त्यावेळी सोने आणि चांदी हे दोनच मौल्यवान धातु लोकाना ठाऊक होते आणि प्लॅटिनिअमचे कोणतेच उपयोग अस्तित्वात आले नव्हते. पण प्लॅटिनम आणि सोने हे जडपणात एकमेकांशी बरेच मिळते-जुळते आहेत ही वस्तुस्थिती काही हुषार लोकांच्या ध्यानात आली आणि सोन्याच्या नाण्यांमध्ये त्याची भेसळ करण्यास सुरुवात झाली. ही बनवाबनवीच ठरते. स्पेनच्या सरकारने मग तावडतोब प्लॅटिनमच्या आयातीवर कडक बंदी घातली आणि जे काही प्लॅटिनम त्यापूर्वीच देशात आणले गेले होते ते अनेकांच्या साक्षीने समुद्रात फेकून दिले.

पण त्यामुळे आपली चिली सॉल्टपीटरची कथा काही पूर्ण होत नाही. ते नायट्रोजनयुक्त उत्कृष्ट प्रतीचे खत म्हणून वापर होण्याच्या लायकीचे असल्याचे

दृष्टोत्पत्तीस आले. निसर्गाने मोठ्या उदार बुद्धीने माणसाच्या हाती हा साठा जणू स्वाधीन केला होता. त्यावेळी नायट्रोजनयुक्त दुसरे कोणतेच खत माहीत नव्हते. अनेक खाणी निर्माण होऊन चिली सॉल्टपीटरने भरलेल्या बोटींमागून बोटी इक्वेक्यु बंदर सोडू लागल्या व साऱ्या दिशानी जगभर धावू लागल्या.

...पण १८९८ मध्ये सर विल्यम क्रुक्स यांच्या कटु भविष्यवाणीने साऱ्या जगावर भीती पसरली. आपल्या एका भाषणात त्यानी असे प्रतिपादन केले की नायट्रोजनच्या आभावी सारी मानवजात मृत्यूच्या दाढेत जाण्याची वेळ जवळ आली आहे. दरवर्षी शेतजमिनीतील नायट्रोजन हिरावला जात असून त्यामुळे पीकही कमी कमी होत चालले आहे. चिली सॉल्टपीटरचे साठेही संपण्याच्या मार्गावर आहेत. अॅटॅकामा वाळवंटातील हे भांडार म्हणजे समुद्रातील जणू एका थेंबाप्रमाणेच आहे.

या भीतीच्या छायेतच शास्त्रज्ञांचे लक्ष वातावरणाकडे गेले. वातावरणातील नायट्रोजनच्या अमर्याद प्रमाणाकडे जर कुणी प्रथम लक्ष दिले असेल तर ते बहुधा सुप्रसिद्ध रशियन शास्त्रज्ञ तिमिऱ्याजेव यानी. त्यांची विज्ञानावर आणि माणसाच्या कल्पकतेवर नितांत श्रद्धा होती. त्यांची मनोमन खात्री होती की नायट्रोजनच्या या समस्येवर माणूस नक्कीच मात करेल आणि त्यातून बाहेर पडण्याचा एखादा मार्ग शोधून काढेल. त्यांचा हा विश्वास अत्यंत सार्थ ठरला. १९०३ पूर्वीच नॉर्वे देशातील दोघा रहिवाश्यानी, क्रिटियन बर्कलॅंड आणि सॅम्युएल आयडी या अनुक्रमे शास्त्रज्ञ व इंजिनियर या जोडीने विद्युत प्रज्योतीच्या साहाय्याने वातावरणातील नायट्रोजन निरनिराळ्या उपयुक्त संयुगात संयोगित करण्याचे औद्योगिक तंत्र शोधून काढले.

याच सुमारास फ्रिट्झ हेबर या जर्मन रसायज्ञाने नायट्रोजन आणि हायड्रोजन यापासून अमोनिया तयार करण्याची पद्धत विकसित केली. वनस्पतीना, त्यांच्या वाढीस अत्यावश्यक असणाऱ्या संयोगिक स्वरूपाच्या नायट्रोजनची समस्या अशा प्रकारे अखेर सुटली. वातावरणात मुक्त नायट्रोजनचे प्रमाण विपुल असते. या बाबत शास्त्रज्ञानी असे गणित मांडले की वातावरणातल्या सर्वच्या सर्व नायट्रोजनचे खतात रूपांतर केले गेले तर जगातील साऱ्या वनस्पतींची गरज दहा लाख वर्षांपेक्षा अधिक काळापर्यंत पुरी होईल.

फॉस्फरसचे प्रयोजन

जस्टस लायबेग याचे असे मत होते की वनस्पतीना हवेतील नायट्रोजन शोषून घेणे शक्य आहे, मग जमिनीत फक्त पोटॅशिअम आणि फॉस्फरसची खते घातली म्हणजे झाले. त्यांचे एक 'खास खत' उत्पादित करण्यासाठी एका इंग्लिश कंपनीने सुरुवात केली पण त्यामुळे भरपूर पीक मिळणे शक्य झाले नाही. अनेक वर्षानंतरच लायबिगला आपली चूक उमगली व त्यामागील कारण त्याच्या ध्यानात आले. त्याने अविद्राव्य फॉस्फेट क्षार वापरले होते कारण त्यास भीती वाटली की विरघळणारे क्षार पावसामुळे धुवून जातील. वनस्पती अविद्रव्य फॉस्फेट संयुगातील फॉस्फरस शोषून घेण्यास असमर्थ ठरल्या. मग वनस्पतींच्या दृष्टीने द्राव्य पण पाण्यामुळे सहजासहजी धुवून न जाणारी अशी अर्ध्या अवस्थे-तील फॉस्फरस-संयुगे तयार करणे भाग पडले.

दरवर्षी जगातील पिकांमार्फत शेतजमिनीतील सुमारे दोन कोटी टन फॉस्फोरिक आम्ल वापरले जाते. वनस्पतीना फॉस्फरसची कशासाठी गरज भासते? तो काही मेदद्रव्यांचा घटक नाही किंवा हायड्रोकार्बन संयुगांचाही नाही. बहुतेक साऱ्या प्रथिनांच्या प्रकारातही (अगदी साध्या प्रकारातही) तो आढळत नाही. पण गंमत ही की फॉस्फरसवाचून ही सारी संयुगे तयार होणेच अशक्य.

वनस्पतीच्या पेशींमध्ये क्लोरोप्लास्ट नामक जो घटक असतो, त्यामध्ये प्रकाशसंश्लेषणाची क्रिया घडते. या कामामध्ये हे घटक म्हणजे जणू खास 'इंद्रिये' आहेत. या क्लोरोप्लास्टमध्ये फॉस्फरसच्या विविध संयुगांचे अस्तित्व असते. क्लोरोप्लास्ट द्रव्याना स्थूलमानाने एखाद्या प्राण्याच्या पोटाची उपमा देता येईल; कारण, वनस्पती तयार होण्यात कार्बन डायॉक्साइड आणि पाणी हे "बांधकाम साहित्याचे" जे दोन प्रकार आहेत त्यांचा क्लोरोप्लास्ट पदार्थांशी सरळ सरळ संबंध येतो.

फॉस्फरस संयुगांच्या मदतीने वनस्पती हवेतील कार्बन डायॉक्साइड शोषून घेतात. अकार्बनी फॉस्फेट संयुगे, कार्बन-डायॉक्साइडचे कार्बोनेट आयनांमध्ये

रूपांतर करतात आणि त्यापासूनच पुढे जटिल स्वरूपाचे कार्बनी रेणु तयार केले जातात.

वनस्पतीच्या जीवनकार्यात फॉस्फरसचे काम एवढ्यावरच संपत नाही, कारण वनस्पतींच्या दृष्टीने असलेले त्याचे महत्त्व आजही पूर्णपणे उगमलेले नाही. तरीसुद्धा, जे काही समजले आहे त्यावरून निश्चितपणे म्हणता येते की वनस्पतींच्या जीवनात फॉस्फरसचे प्रयोजन अत्यंत महत्त्वपूर्ण आहे.

रासायनिक युद्धतंत्र

अशा युद्धात तोफा, रणगाडे, क्षेपणास्त्रे जरी वापरली जात नसली तरी ते खरोखरीचेच युद्ध असते. त्यास "निःस्तब्ध युद्ध" म्हणता येईल. ते अनेकांच्या ध्यानातही येत नाही पण ते मृत्यूच्या खाईत लोटणारेच युद्ध असते. त्यातून मिळणारा विजय साऱ्याना आनंदित करणारा असतो. घरात इतस्ततः भटकणाऱ्या गोमाशा फार मोठे नुकसान करणाऱ्या असतील काय? आकडेमोड असे दर्शविते की फक्त सोविएत संघात दरवर्षी या अपायकारक, विषारी माशीपायी लक्षावधी रूबल खर्ची पडतात. आणि तणांबाबत काय म्हणता येईल? अमेरिकेस त्यासाठी चार अब्ज डॉलर किंमत मोजावी लागते. अथवा टोळांचे उदाहरण पहा. ती खरोखर भयानक आपत्ती आहे; डोलणाऱ्या, उत्तम पिकांच्या शेतांचे रूपांतर हे टोळ उजाड आणि निर्जीव वाळवंटात करून टाकतात. वनस्पतीजन्य किडीमुळे आणि प्राण्यांमार्फत होणाऱ्या चोऱ्यांमुळे साऱ्या जगातील शेतीचे एकाच वर्षातील नुकसान जर रूपये-आणे-पैमध्ये मोजावयाचे ठरवले तर केवळ कल्पना करणेसुद्धा अशक्य होईल एवढे प्रचंड हे नुकसान आहे. तेवढा पैसा, वीस कोटी लोकाना वर्षभर मोफत जेवू घालण्यास सहज पुरेल.

शब्दांच्या पुढे जोडावयाचा "साइड" असा इंग्रजी भाषेत एक प्रत्यय असून त्याचा अर्थ "ठार करणे" असा होतो. मराठीत "नाशक" असा समानार्थी प्रत्यय आहे. रसायज्ञ काही काळ हे "–नाशक" पदार्थ तयार करण्यात मग्न

होते. त्यानी कीटक नष्ट करणारी कीटकनाशक द्रव्ये तयार केली; उंदीर-घुशीसारखे कृंतक प्राणी ठार करणारी प्राणिनाशक द्रव्ये तयार केली आणि तणांच्या वाढीस रोखणारी तणनाशक संयुगे तयार केली. ही सर्व "नाशकद्रव्ये" आज कृषिक्षेत्रात सर्वत्र मोठ्या प्रमाणात वापरली जातात.

दुसऱ्या महायुद्धापूर्वी प्रामुख्याने अकार्बनी विषारी संयुगे वापरली जात. अनेक प्रकारचे कृंतक प्राणी, कीटक आणि तण-प्रकार अर्सेनिक, गंधक, तांबे, बेरिअम, फ्ल्युओरिन आणि इतर काही विषद्रव्ये वापरून ठार केली जात. पण चौथ्या दशकाच्या मध्यापासून कार्बनी व विषारी स्वरूपांच्या संयुगांचा वापर सतत वाढत गेला. हा बदल मुद्दामच, सहेतुक केला गेला. ही कार्बनी संयुगे माणसास व पाळीव प्राण्याना कमी धोकादायक असतात, तसेच त्यांचा वापर सर्वत्र करता येतो आणि शिवाय ती कमी प्रमाणात वापरता येतात. दर चौरस सें. मी. जमिनीसाठी केवळ एक-दशलक्षांश ग्रॅम वजनाचे डीडीटी संयुग सारे कीटक ठार करण्यास पुरेसे आहे.

या विषारी कार्बनी संयुगांबाबत एक फार चमत्कारिक वस्तुस्थिती आढळते. या वर्गातील फार मोठ्या प्रमाणात वापरले जाणारे संयुग हेक्झाक्लोरोसायक्लोहेक्झेन नामक असून ते १८२५ मध्ये फॅरडे या नामवंत शास्त्रज्ञाने प्रथम तयार केले. ही वस्तुस्थिती फारच थोड्याना माहीत असावी. या हेक्झाक्लोरोसायक्लोहेक्झेनचा शंभर वर्षांपेक्षा अधिक काळ रसायज्ञ अभ्यास करीत होते आणि तोसुद्धा त्याच्या आश्चर्यकारक गुणधर्मांबाबत मुळीसुद्धा संशय न येता चालू होता. पुढे १९३५ मध्ये जीवशास्त्रज्ञ जेव्हा त्याचा अभ्यास करू लागले तेव्हा कुठे हे कीटकनाशक द्रव्य औद्योगिक प्रमाणात तयार करण्यास सुरुवात झाली. आजची उत्कृष्ट कीटकनाशके ऑर्‌गॅनोफॉस्फरस संयुगांवर आधारलेली असून एम-८१ ऊर्फ फॉस्फामाइड हे त्यापैकी एक होय.

अगदी कालपरवापर्यंत वनस्पती आणि प्राण्यांच्या रक्षणार्थ, त्यांच्या बाह्यांगावर परिणाम करणारी रसायने वापरली जात. पण जोरदार पावसाने किंवा वाऱ्याने ती उडून जात व पुन्हा ती फवारावी लागत. साहजिकच ही संरक्षक



पण विषारी रसायने जीवमात्राच्या शरिरात कशी 'टोचता' येतील याचा विचार शास्त्रज्ञ करू लागले. माणसास लस टोचण्यासारखाच हा प्रकार म्हणावा लागेल. लस टोचलेल्या माणसास रोगाची भीती राहत नाही, जर त्याच्या शरिरात रोगजंतु शिरलेच तर शरिरातील अदृश्य पाहरेकऱ्यांमार्फत त्यांचा नाश केला जातो. लस टोचण्याचा परिणाम म्हणजेच आरोग्य राखणाऱ्या पाहरेकऱ्यांची निर्मिती.

वनस्पतींसाठी त्यांच्या शरिरांतर्गत काम करू शकतील अशी रोगराईनाशक रसायने तयार करणे अगदी शक्य आहे असे दिसून आले. रसायज्ञानी कीडकारक कीटक आणि वनस्पती यांच्या संरचनेतील फरक प्रथम जाणून घेतला व त्यातील फरकांचा या कामी उपयोग केला. अशी रसायने वनस्पतींच्या बाबतीत निरूपद्रवी पण कीटकांसाठी कर्दनकाळ ठरली.

रसायनशास्त्र केवळ कीटकांपासून वनस्पतींचे रक्षण करते असे नाही तर तणांपासून ही रक्षण करते. तणनाशक संयुगे शोधली गेली असून ती तणांची वाढ रोखतात पण उपयुक्त वनस्पतींच्या वाढीत अडथळा आणीत नाहीत.

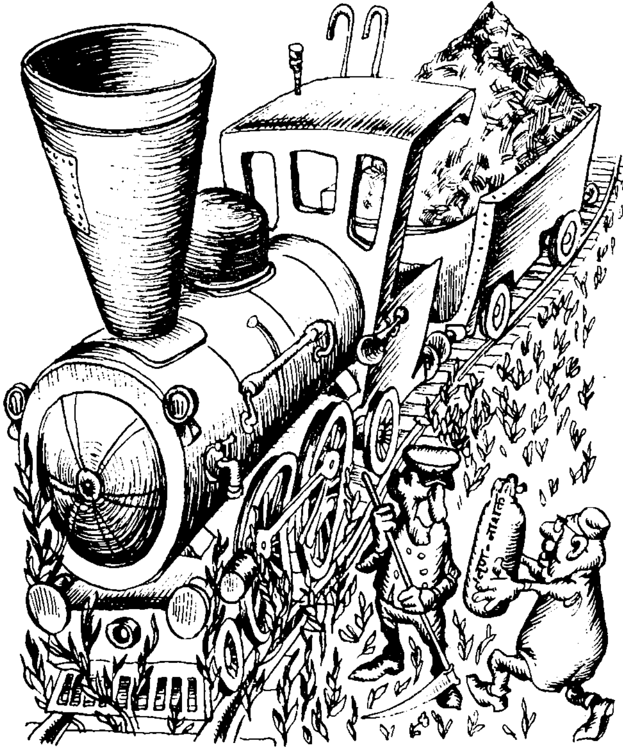
एक विचित्र वाटण्याजोगा प्रकार म्हणजे अगदी पहिली तणनाशक द्रव्ये ही बहुधा खत-प्रकारच होते. फार पूर्वीपासूनच अनुभवी शेतकऱ्याना ठाऊक होते की सुपरफॉस्फेट किंवा पोटॅशिअम सल्फेट यांचा जास्त प्रमाणात उपयोग केल्यास संवर्धित वनस्पतींची वाढ फारच जोमाने होते पण तणांची वाढ खुंटली जाते. कीटकनाशक द्रव्यांप्रमाणेच प्रभावी तणनाशक संयुगेही कार्बनी स्वरूपांची आहेत.

शेतकऱ्यांचे मदतनीस

या मुलाने नुकतेच सोळाव्या वर्षात पदार्पण केलेले आहे. एका नित्योपयोगी वस्तूंच्या दुकानात तो शिरत आहे, केवळ कुतुहलापोटी नव्हे तर एका साहित्याची खरेदी करण्यासाठी. ते साहित्य हा मुलगा आयुष्यात प्रथमच खरेदी करणार आहे. त्याला दाढीमिशा फुटल्या आहेत आणि दाढी करण्याचे सामान विकत घेण्यासाठी तो दुकानात आला आहे.

अगदी सुरुवातीस नवागताना हे काम केवढे रोमांचकारक आणि थरारक वाटते! पंधरावीस वर्षानंतर मात्र, दाढी करण्याची कटकट वाटते म्हणून की काय, पण अनेकजण ती वाढविण्यास सुरुवात करतात.

रेल्वेमार्गांवर गवत वाढू देणे योग्य नसते. म्हणून ते वेळोवेळी मजूरां-



मार्फत छाटले जाते, रेल्वेमार्गाची जणू दाढीच केली जाते. पण मॉस्को – खाबारोव्स्क रेल्वेमार्गाचे उदाहरण विचारात घ्या. हा मार्ग नऊ हजार कि. मी. लांबीचा आहे. एवढ्या लांबलचक मार्गावरील सारे गवत वेळोवेळी छाटण्यासाठी पूर्ण वेळ काम करणारे पुरे हजार मजूर हवेत.

पण ही 'दाढी' कोणत्यातरी रासायनिक पदार्थाच्या साहाय्याने नाही का करता येणार? ते शक्य आहे असे आढळले.

एका हेक्टरमधले गवत कापण्यासाठी वीस माणसाना दिवसभर काम करावे लागते. पण तृणनाशक रसायने हेच काम काही तासातच पार पाडतात आणि तेसुद्धा गवताचा पूर्ण नायनाट करूनच.

पर्णनाशक द्रव्ये म्हणजे काय ते माहीत आहे का? पर्णनाशक रसयनांमुळे झाडांची पाने आपोआप गळतात. त्यांच्या वापरामुळेच यांत्रिकरित्या कापूस गोळा करण्याची पद्धत प्रचारात आली. वर्षानुवर्षे या कामासाठी लोक हाताने फुलले-ल्या कापसाची बोंडे गोळा करत. हे काम अतिशय त्रासाचे आहे आणि ४० ते ५० अंश से. तपमान असणाऱ्या दिवसात करावे लागते. ते किती कष्टप्रद आहे याची कल्पनाच करता येत नाही. पण आता सारे काही सोपे झाले आहे. कापसाची बोंडे फुलण्याच्या म्हणजे त्यातून कापूस बाहेर पडण्यास सुरुवात होण्या-च्या काही दिवस आधी कापसाच्या शेतात पर्णहारक रसायने वापरली जातात. $Mg[ClO_3]_2$ हे त्यापैकी सर्वात साधे संयुग होय. त्यामुळे झाडांवरील पाने गळून पडतात व कापूस शेतात वेचता येतो. $CaCN_2$ हे आणखी एक अशाच प्रकारचे रसायन असून ते वापरते वेळी, त्याचा जो काही भाग शेतात पडतो त्याचा नायट्रोजनयुक्त खत म्हणून उपयोग होतो.

कृषिशास्त्रास मदत करण्याच्या कामी रसायनशास्त्र आणखी कितीतरी पुढे गेले आहे. वनस्पतीच्या वाढीत वेग यावा म्हणून वृद्धी-संप्रेरक संयुगे शोधण्यात आली आहेत. वनस्पतीतील नैसर्गिक संप्रेरक ऊर्फ हार्मोन संयुगे आता अशा प्रकारे रसायज्ञ निर्माण करतात. सुरुवातीस या कामासाठी नैसर्गिक पदार्थच वापरले गेले. पण रसायज्ञाना हेटरोऑक्सिन हे त्यातल्यात्यात सोप्या रचनेतील हार्मोन-द्रव्य प्रयोगशाळेत कृत्रिमरित्या तयार करणे जमले आहे. ही संयुगे, वनस्पतींच्या वाढीस, मोहरण्यास आणि फलधारणेसच वेग देतात असे नाही तर त्यांची प्रति-कारशक्ती व जीवनक्षमताही वाढवितात. ऑक्सिनद्रव्ये वापरण्यात काय धोका आहे तेसुद्धा ध्यानात आलेच आहे. ती अधिक तीव्र किंवा संपृक्तास्थेत वापर-ल्यास वरील फायदे मिळण्याऐवजी वनस्पतींची वाढ खुंटते.

या ठिकाणी आपणास वनस्पतींसाठी असणाऱ्या औषधांमध्ये व माणसासाठी

असणाऱ्या औषधांमध्ये कमालीचे साम्य आढळते. माणसांसाठी काय किंवा वनस्पतींसाठी काय, त्यांच्या काही औषधांमध्ये अर्सेनिक, बिस्मथ, पारा इत्यादींचा वापर केलेला असतो, पण त्यांचे प्रमाण एका विशिष्ट मर्यादेबाहेर गेले की ती विषारी ठरतात.

उदाहरणार्थ ऑक्सिन द्रव्यांच्या वापरामुळे फुलझाडांचा विशेषत: शोभादायक फुलझाडांचा बहर बराच काळ वाढविता येतो. अचानक थंडी आणि हिमवर्षावाच्या वेळी कळया येण्याचा, फुलण्याचा काळ त्यांच्यामार्फत मंदावला जातो. याउलट, उन्हाळयाचा काळ कमी असणाऱ्या थंड प्रदेशात, ऑक्सिनच्या साहाय्याने फलधारणेच्या, भाजीपाला वाढण्याच्या वेगात अतिशय वाढ करता येते. ऑक्सिन द्रव्यांचे अशा प्रकारचे गुणधर्म जरी नीटसे ध्यानात आलेले नसले तरी नजिकच्या भविष्यकाळात शेतकऱ्यांचा हा मदतनीस खूपच कामी पडेल यात शंका नाही.

सेवाभावी भुते

ही अशी एक घटना आहे की ती वृत्तपत्रात अवतीर्ण झाल्यास खूपच खळबळ माजेल: "एका सुप्रसिद्ध शास्त्रज्ञास, त्याच्या चाहत्यांमार्फत ॲल्युमिनियमचे एक पुष्पपात्र भेटीदाखल मिळाले." आजकाल इतर कोणत्याही भेटीसाठी अगत्यपूर्वक आभार मानले जातील पण ॲल्युमिनियमची फुलदाणी भेट म्हणून दिल्यास बहुतेकजण नाकच मुरडतील आणि त्यांच्या कपाळास नक्कीच आठचा पडतील. तथापि, विश्वास ठेवा अगर ठेवू नका, शंभरएक वर्षांपूर्वी ॲल्युमिनियममध्ये तयार केलेल्या वस्तूची भेट म्हणजे औदार्याचा विलक्षण नमुना समजला जात असे. नवलपूर्ण वस्तुस्थिती ही की इंग्रज रसायनशास्त्रज्ञानी खरोखरीच ॲल्युमिनियमचे पुष्पपात्र भेट म्हणून दिले होते; तेही कुणा सर्वसामान्य व्यक्तीस नव्हे तर खुद्द मेंदेलेयेव यानाच! विज्ञानाची त्यानी जी महान सेवा केली त्याची आदरयुक्त पावती म्हणून ही भेट देण्यात आली.

या जगात सारे काही किती सापेक्ष आहे! गतशतकात खनिजातील ॲल्युमि-

नियम वेगळे करण्याची स्वस्त, व्यावहारिक पद्धत माहीत नव्हती. हा धातु त्यामुळे फारच मौल्यवान समजण्यात येई. जेव्हा अशी पद्धत सापडली तेव्हा किंमत केवढी तरी घसरली.

आवर्ती पद्धतीतील अनेक मूलद्रव्ये आज केवढी तरी महाग आहेत, त्यामुळे त्यांचे व्यावहारिक उपयोग रूढ होत नसल्याचे दिसते. पण आम्हाला खात्री आहे की ही परिस्थिती कायम टिकणारी नाही. रसायनशास्त्र आणि भौतिकशास्त्र त्यांच्या किंमती एकदाच नव्हे तर अनेकदा खाली आणतील. याची त्याना खात्री का वाटते तर आवर्ती सारणीतील अधिकाधिक रहिवासी मानवाच्या सेवेत उतरत आहेत.

पण अशी काही मूलद्रव्ये आहेत की ती पृथ्वीच्या कवचात सापडत नाहीत आणि असलीच तर नगण्य प्रमाणात आढळतात. यामुळे एखादा सहजगत्या म्हणेल की ती मुळी अजिबातच नाहीत. अशी मूलद्रव्ये म्हणजे ॲस्टॅटाइन आणि फ्रांसिअम, नेप्च्यूनिअम आणि प्लूटोनिअम, प्रोमेथिअम आणि टेक्निशिअम...

वस्तुस्थिती अशी आहे की ही मूलद्रव्ये कृत्रिमरित्या निर्माण करता येतात. रसायज्ञाच्या नजरेस एखादे नवे मूलद्रव्य आले की ते व्यवहारोपयोगी कसे ठरेल याचा विचार त्याच्या मनात लगेच सुरू होतो.

व्यावहारिकदृष्टया उपयुक्त ठरलेले महत्त्वपूर्ण कृत्रिम मूलद्रव्य म्हणजे प्लूटोनिअम हे आहे. आवर्ती पद्धतीमधल्या अनेक 'साध्या' मूलद्रव्यांपेक्षा त्याचे उत्पादन कितीतरी अधिक आहे. रसायज्ञांच्या मते ते अत्यंत उत्तम प्रकारे परिचित झालेले मूलद्रव्य आहे. तसे ते केवळ पंचवीस-तीस वर्षांचेच आहे. हा काही योगायोग नव्हे. युरेनिअमपेक्षा ते कमी दर्जाचे नसून अणुभट्टीचे ते "इंधन" ठरले आहे.

पृथ्वीभोवती घिरटया घालणाऱ्या काही अमेरिकन उपग्रहांच्या ऊर्जेचा उद्गम अमेरिसिअम आणि क्यूरिअम हे होते. ही मूलद्रव्ये तीव्रतर किरणोत्सारणासाठी प्रसिद्ध असून त्यांचा ऱ्हास होत असताना मोठया प्रमाणात उष्णता बाहेर टाकली जाते. तपयुग्मांमार्फत या उष्णतेचे विद्युतशक्तीत रूपांतर केले जाते.

पृथ्वीवरील खनिजात आजपावेतो न सापडलेल्या प्रोमेथिअम या मूलद्रव्या-बाबत काय म्हणता येईल? त्याचा आज लघुआकारातील बॅटऱ्या ऊर्फ विजेरी संचांमध्ये वापर केला जातो. त्या अंगुस्तानाच्या डोक्याएवढ्या लहान असतात. उत्कृष्ट दर्जाची रासायनिक बॅटरी फार तर सहा महिने टिकते पण प्रोमेथिअमच्या किरणोत्सार गुणधर्मावर चालणारी बॅटरी सतत पाच वर्षे काम देते. या बॅटऱ्यांचा श्रवणयंत्रांपासून ते मार्गदर्शित क्षेपणास्त्र – अशा विस्तृत क्षेत्रांमध्ये वापर होतो.

ॲस्टाटाइन डॉक्टरमंडळींच्या सेवेत रुजू झाले असून अवटु ग्रंथींच्या रोगांवरील उपचारार्थ ते उपयोगी पडते. या ग्रंथीवर किरणोत्सार प्रारणांचा वापर करता येईल काय याबाबत संशोधन चालू आहे. अवटु ग्रंथीमध्ये आयोडिन साचत जाते आणि ॲस्टाटाइन हे आयोडिनचे रासायनिक समधर्मी रूप आहे. शारिरात घातलेले ॲस्टाटाइन अवटु ग्रंथीत साचू लागते आणि त्याचा किरणोत्सार गुणधर्म उर्वरित काम करतो.

यावरून असेच दिसते की कृत्रिम मूलद्रव्यांपैकी काही प्रकार वापरात आलेच आहेत, हे खरे की त्यांचा वापर मर्यादित म्हणजे केवळ त्यांच्या किरणोत्सार गुणधर्मापुरताच होत आहे. पण त्याचे अगदी साधे कारण हे की रसायज्ञ त्यांच्या रासायनिक गुणधर्मापर्यंत पोहोचलेच नाहीत. याला अपवाद म्हणजे टेक्निशि-अमचा. या धातूचे काही क्षार लोखंड व पोलादात वापरले तर या दोन प्रकारात फार उच्च दर्जाची गंजरोधकता निर्माण होते असे निष्पन्न झाले आहे.

वाचकाना विनंती

या पुस्तकाबाबत, त्याच्या अनुवादाबाबत, रचनेबाबत आपले मत समजावून घेण्यास व भावी प्रकाशनांसंबंधी आपल्या सूचना जाणून घेण्यास 'मीर प्रकाशना'ला आनंद वाटेल. आपली मते पुढील पत्त्यावर कृपया कळवावी :

USSR, 129820, Moscow I-110, GSP
Pervy Rizhsky Pereulok, 2
Mir Publishers



मीर प्रकाशन



मॉस्को



